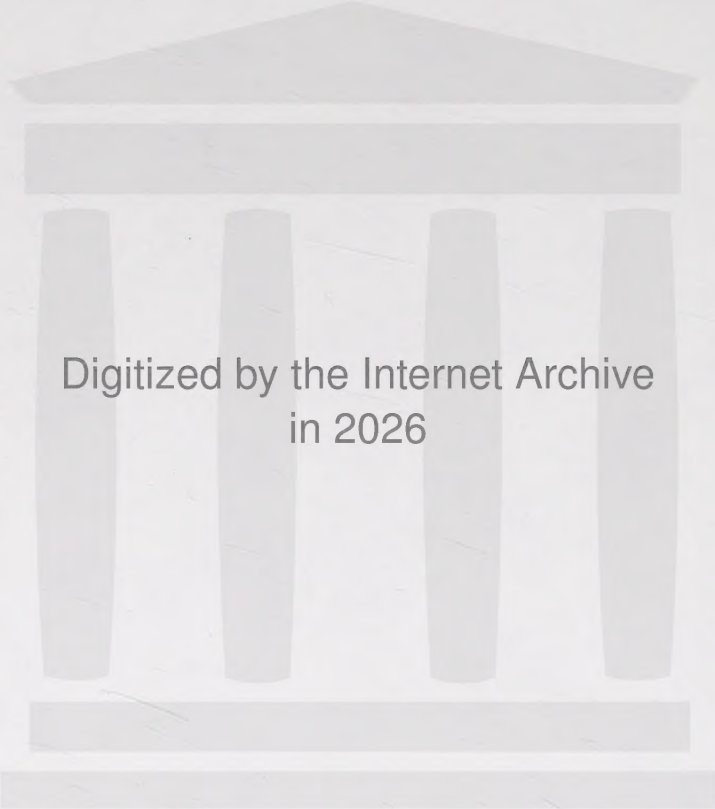


**Studien über den Einsatz von Alkan-Hefen
in der Geflügelernährung**

Herbert Beck

1974



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554606_0003

Aus dem Institut für Ernährungsphysiologie in der Tierärztlichen
Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München
(Komm. Vorst.: Prof. Dr. Dr. Dr. h. c. Dr. h. c. Dr. h. c. J. Brüggemann)

Gefertigt unter Anleitung von Priv.-Doz. Dr. J. Gropp

Studien über den Einsatz von Alkan-Hefen
in der Geflügelernährung

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität
München

von
Herbert Beck
aus Arnstein

München 1974

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Prof. Dr. E. Dahme

Referent: Prof. Dr. Dr. Dr. h. c. Dr. h. c. Dr. h. c. J. Brüggemann

Koreferent: Prof. Dr. Dr. h. c. L. Kotter

Tag der Promotion: 22. Februar 1974



	S.
1. Einleitung	1
2. Literaturübersicht	3
2.1 Erdölhefe	3
2.1.1 Die Produktion von Erdölhefe	4
2.2 Rohrnährstoffgehalt der Alkan-Hefen	5
2.2.1 Futterwert der Alkan-Hefen Lavera und Toprina	14
2.2.1.1 Die Wertigkeit des Alkan-Hefe-Proteins	23
2.2.1.2 Energiegehalt der Alkan-Hefen	27
2.2.2 Toxikologische Aspekte der Alkan-Hefen	29
2.3 Praktische Erprobung der Alkan-Hefen in der Tierernährung	31
2.3.1 Mastgeflügel	31
2.3.2 Legehennen	41
2.3.3 Muttersauen und Mastschweine	46
2.3.4 Milchaustauschfutter für Kälber	55
3. Eigene Untersuchungen	59
3.1 Versuch I	60
3.1.1 Versuchsplan	61
3.1.2 Ergebnisse	64
3.2 Versuch II	68
3.2.1 Versuchsplan	68
3.2.2 Ergebnisse	72
3.2.3 Diskussion der Ergebnisse von Versuch I und II	75
3.3 Versuch III	77
3.3.1 Versuchsplan	77
3.3.2 Ergebnisse	82
3.4 Versuch III b	86
3.4.1 Versuchsplan	86
3.4.2 Ergebnisse	88
3.5 Versuch IV	91
3.5.1 Versuchsplan	92
3.5.2 Ergebnisse	94

	S.
3.6.	Versuch V 98
3.6.1	Versuchsplan 99
3.6.2	Ergebnisse 102
3.7	Versuch VI 105
3.7.1	Versuchsplan 105
3.7.2	Ergebnisse 107
3.8	Versuch VII 110
3.8.1	Versuchsplan 111
3.8.2	Ergebnisse 114
3.9	Versuch VIII 118
3.9.1	Versuchsplan 118
3.9.2	Ergebnisse 120
3.10	Versuch IX 123
3.10.1	Versuchsplan 123
3.10.2	Ergebnisse 125
3.11	Versuch X 128
3.11.1	Versuchsplan 128
3.11.2	Ergebnisse 131
3.12	Versuch XI 135
3.12.1	Versuchsplan 135
3.12.2	Ergebnisse 138
3.13	Diskussion der Ergebnisse mit halbsynthetischen Rationen 143
3.13.1	Grundsätzliche Anmerkungen 143
3.13.2	Hefeprotein 146
3.13.3	Selen-Ergänzung der Alkan-Hefen 148
3.13.4	Abschließende Betrachtungen 149
4.1	Zusammenfassung 150
4.2	Summary 153
5.	Literaturverzeichnis 155
6.	Anhang 164
	Lebenslauf 191

1. Einleitung

Getrocknete Hefen haben seit langem einen festen Platz in der Mischfutterrezeptur für Nutztiere. Als Ausgangsmaterial für Futterhefen dienten bisher beispielsweise solche Hefearten, die zur Herstellung von Bier und Teigwaren verwendet wurden, oder die auf Abfallprodukten der Holz- und Zuckerverarbeitenden Gewerbe gezüchtet wurden.

Die oben genannten Hefen (Bierhefe, Bäckereihefe, Sulfitablaugenhefe, Melasse-Hefe) waren als Vitaminquellen begehrte Bestandteile der Mischfütteration. Zu dieser Verwendung hatte besonders der Reichtum an Vitaminen des B-Komplexes geführt, da synthetische und mischfutterstabile B-Vitamine in nennenswertem Umfang erst ab 1950 zur Verfügung gestellt werden konnten.

Als immer mehr synthetisch hergestellte Vitamine preisgünstig angeboten wurden, ging die Verwendung von Futterhefen zurück. Die herkömmlichen Futterhefen spielen heute als Mischfutterkomponente eine vergleichsweise nur noch untergeordnete Rolle. Vereinzelt wird der UGF (unknown growth factors)-Gehalt noch als wertbestimmender Bestandteil diskutiert. Eine ganz anders geartete Entwicklung hat sich dagegen seit ca. 15 Jahren abgezeichnet. Bereits zu diesem Zeitpunkt konnte unschwer geschätzt werden, daß aus der bisherigen konventionellen Art der pflanzlichen und tierischen Proteingewinnung der Bedarf einer zunehmenden menschlichen Bevölkerung an Proteinen auf die Dauer nicht mehr gedeckt werden könne. Deshalb begann die Proteinerzeugung auf Hefebasis - aber auch mit anderen Einzellern wie Algen und Bakterien - an Bedeutung zu gewinnen. Als Kohlenstoffquellen für die Erzeugung von SCP (single cell protein) kommen in erste Linie Kohlenwasserstoffe (N-Paraffine, Äthanol, Methanol) und Kohlenhydrate (Abfälle der Holz- bzw. Zuckerverarbeitenden Industrie) in Frage.

Es lag nahe, ein derartiges unkonventionelles Nahrungsmittel

zuerst auf breiter Basis in die Tierernährung einzuführen und dort zu erproben.

Als erstes dieser Produkte hat die Alkanhefe der BP (*Candida tropicalis*, gezüchtet auf n-Paraffinen) eine gewisse Produktionsreife erlangt. Konsequent wurde auch der oben skizzierte Weg der Erprobung als Futtermittel beschritten.

Die Bereitschaft, Hefen als Proteinquelle in der Ernährung unserer Nutztiere zu verwenden, ist in demselben Maß gestiegen, wie die Verknappung der herkömmlichen Proteinquellen (z.B. Fischmehl, aber auch Sojaschrot) sich abzuzeichnen begann. Die drastische Verteuerung der genannten Futtermittel in den Jahren 1972 und 1973 ließ den breit gestreuten Einsatz von Futterhefen geradezu als einzigen Ausweg zur Überwindung des Proteinengpasses erscheinen.

Deshalb wurde mir am Institut für Ernährungsphysiologie die Aufgabe gestellt, den Futterwert von Hefen in der Geflügelernährung zu untersuchen. 2 verschiedene Alkanhefen der BP standen zur Verfügung: Die Alkanhefe Lavera, auf Gasölbasis erzeugt, und die Alkanhefe Toprina, gezüchtet auf n-Paraffinen.

2. Literaturübersicht

2.1 Erdölhefe

Im Auftrag der BP war 1957 unter Leitung von A. CHAMPAGNAT eine mikrobiologische Arbeitsgruppe geschaffen worden, die klären sollte, ob sich für den Abbau der Normalparaffine¹⁾ in Dieselöl (Gasöl) anstelle der bisherigen aufwendigen und kostspieligen thermisch-physikalischen Methoden auch Mikroorganismen verwenden ließen. Es stellte sich heraus, daß grundsätzlich Mikroorganismen, u.a. auch Hefen, in der Lage sind, diese Paraffine als Energiequelle zu nutzen und abzubauen (11). Bereits 6 Jahre zuvor hatten JUST et al. (1951) zeigen können, daß in submersen Kulturen Hefen der Art Candida auf synthetischen und natürlichen n-Paraffinen sowie deren Gemischen gut gedeihen.

Außerdem machte CHAMPAGNAT die Entdeckung, daß auch diese aus Gasöl gewonnenen Hefen ein relativ eiweiß- und vitaminreiches Produkt ergeben, das nach entsprechender technischer Vorbehandlung als Proteinquelle in der Tierernährung eingesetzt werden und wahrscheinlich auch zur Aufwertung proteindefizitärer Kostformen des Menschen (beispielsweise in Entwicklungsländern) Verwendung finden könnte.

Schon bald aber wurde erkannt, daß dieses biologische Verfahren zur Entfernung der n-Paraffine und damit zur Reinigung von Dieselöl aus verschiedenen Gründen (kostspielige Fermentation, Ausbau hoher Lagerkapazitäten für Dieselöl) als unrentabel beurteilt werden müsse. Fast gleichzeitig gelang es, die n-Paraffine im Molekularsiebverfahren wesentlich schneller und auch kostengünstiger vom Gasöl abzutrennen.

Die Chance, aus den im Gasöl enthaltenen n-Paraffinen Eiweiß zu gewinnen, wurde aber weiter wahrgenommen. Die einmal geleisteten Entwicklungsarbeiten kamen jetzt einem neuen, selbständigen Forschungszweig, der Erzeugung von "Erdölprotein" zugute.

1) n-Paraffine sind aliphatische Kohlenwasserstoffe der Summenformel C_nH_{2n+2} .

Gasöl - eine Rohölfraction mit einem Siedebereich zwischen 200 und 360 °C - enthält ca. 10 % n-Paraffine. Bei der Hefefermentation gelingt es, die n-Paraffine nahezu quantitativ in Hefebiomasse umzuwandeln. Aus 100 kg Dieselöl können demzufolge ca. 10 kg Trockenhefe erzeugt werden (76).

Die Candida-Hefen bevorzugen n-Paraffine der Kettenlänge $C_{10}-C_{30}$ als Energiequelle (34). Sie oxydieren dabei die Paraffine vorwiegend zu CO_2 und H_2O , aber auch zu anderen sauerstoffhaltigen intermediären Verbindungen. Der dazu notwendige Sauerstoff wird der Luft bzw. den sie umgebenden Nährmedien entnommen. Als Stickstoffquelle dienen (zugesezte) Ammoniumsalze.

2.1.1 Die Produktion von Erdölhefe

Dieselöl enthaltende Fermenter werden mit *Candida tropicalis* beimpft. Als Nähr- und Wuchsstoffe müssen zugesetzt werden:

- 1) Ammoniumsalze (als Stickstoffquelle)
- 2) Mineralionen (hauptsächlich K^+ , Mg^{++} , Mn^{++} , Zn^{++} als Kationen, Cl^- , SO_4^{--} und PO_4^{---} als Anionen)
- 3) Wuchsstoffe (u.a. Vitamine).

Das ganze System muß intensiv belüftet werden. So ist beispielsweise zur Erzeugung von 20.000 t Hefe/Jahr die Zufuhr von $350\ m^3$ Luft (als Sauerstoffquelle) in der Minute notwendig (57). Bei der Oxydation der Paraffine werden erhebliche Wärmemengen freigesetzt, die ebenso wie das entstehende CO_2 abgeführt werden müssen, da zur optimalen Hefeerzeugung ein relativ enger Temperaturbereich von $30 \pm 2\ ^\circ C$ eingehalten werden muß. In einer Anlage der oben genannten Kapazität (20.000 t Hefe/Jahr) entstehen in der Minute 31.500 kcal (57) freie Wärme.

Das pH-Optimum bewegt sich zwischen 3,5 und 6,5. Unter den beschriebenen Bedingungen wird eine Generationsfolge jeweils in etwas weniger als 2 Stunden erhalten.

Nach Beendigung des Fermentationsprozesses liegt ein locker in Wasser emulgiertes Produkt vor. Es besteht aus Hefe, nicht-metabolisierten Kohlenwasserstoffen, Gasöl und Sauerstoff. Das Gemisch wird mehrmals zentrifugiert, um die Hefe-

zellen von der Öl-Wasser-Emulsion zu trennen. Gleichzeitig werden auch die nicht abgebauten Kohlenwasserstoffe (ca. 2-5 % des vorgelegten Substrates) separiert. Die Hefe-Creme wird nochmals gewaschen, bevor sie getrocknet werden kann.

Nach der Trocknung wird die Gasölhefe einem Extraktionsprozeß unterzogen, um noch enthaltene Reste Dieselöls zu entfernen. Das so hergestellte Endprodukt ist infolgedessen relativ fettarm ($\leq 2,5$ % Rohfett). Diese Alkan-Hefe "Gasöl" wird auch nach ihrem Produktionsort "Lavera"-Hefe genannt.

In Grangemouth wird ebenfalls von der BP Alkan-Hefe produziert. Die Hefe-Fermentation erfolgt hier im Gegensatz zu Lavera nicht in Gasöl, sondern in gereinigten Paraffinen, die über Molekularsiebverfahren zuvor aus Gasöl gewonnen wurden.

Nach Verlassen des Fermenters wird die Hefe-Paraffin-Masse in herkömmlichen Zentrifugen mehrmals zentrifugiert, wobei gleichzeitig Wasser entgegen der Drehrichtung eingesprüht wird, um die Hefemasse zu reinigen und zu konzentrieren. So wird ein cremeartiges Produkt erhalten, das dann getrocknet werden kann.

Die Trocknung beider Hefearten (der Lavera (Gasöl)- und der Toprina(n-Paraffin)-Hefe) erfolgt entweder im Walzen- oder Sprühtrocknungsverfahren unter Beachtung des optimalen Zeit-Temperatur-Verhältnisses. Auf diese Weise wird eine nachteilige Beeinflussung von Verdaulichkeit und Verfügbarkeit des Proteins vermieden.

2.2 Rohnnährstoffgehalt der Alkan-Hefen Lavera und Toprina

Die Rohnnährstoffkonzentration der Alkan-Hefen variierte anfänglich von Charge zu Charge. Unter den jetzt standardisierten Produktionsbedingungen wird eine relativ konstante Hefezusammensetzung erreicht. Über den Rohnnährstoffgehalt beider Hefe-Typen orientieren die Tab. 1 und 2.

Tab. 1

Rohnährstoffgehalt der Lavera-Hefe

Quelle	E.J.v.Weerden et al. 1969	LUFA Kiel 1970	SHACKLADY u. GATUMEL 1972	J.Gropp et al. 1972	H. Beck et al. 1973
Rohprotein(%)	65-67	68,8	63-65	62,1	67,1
Rohfett (%)	0,5-1,5	0,5	1,5-2,5	2,2	0,2
Rohfaser(%)	n.a.	4,0	n.a.	6,7	6,9
Asche (%)	10,0	8,4	7,9	9,8	8,0
Wasser (%)	4,0	2,6	<8	7,2	5,6
N-freie Extraktstoffe (%)	n.a.	15,7	n.a.	12,0	12,2
Calcium (%)	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2
Phosphor (%)	1,7	1,7	1,5	1,8	1,7

n.a. = nicht angegeben

Im Mittel der hier vorgelegten Analysendaten (Tab.1) wurde für Lavera-Hefe 65,6 % Rohprotein und 1,2 % Rohfett gemessen.

Tab. 2

Rohnährstoffgehalt der Toprina-Hefe

Quelle	C.A.Shacklady 1970	LUFA Kiel 1970	SHACKLADY u. GATUMEL 1972	J.Gropp et al. 1972	H. Beck et al. 1973
Rohprotein(%)	62,9	63,7	57-59	60,7	60,8
Rohfett (%)	7,3	4,9	8,0-10,0	4,2	6,0
Rohfaser (%)	n.a.	4,6	n.a.	6,8	6,0
Asche (%)	6,3	6,3	6,0	7,5	6,3
Wasser (%)	3,3	4,9	3,0-7,0	5,0	6,0
N-freie Extraktstoffe (%)	n.a.	15,6	n.a.	15,8	14,9
Calcium (%)	0,010	0,004	0,010	0,004	-
Phosphor(%)	1,500	1,400	1,600	1,330	-

Für die Hefe Toprina läßt sich ein mittlerer Rohproteingehalt von 61,2 % ermitteln, der um 7 % unter dem korrespondierenden Wert der Lavera-Hefe gemessen wurde. Der Rohfettgehalt der Toprina-Hefe lag mit 6,3 % um den Faktor 5,25 über der Fettkonzentration der Lavera-Hefe. Diese Unterschiede überraschen nach Kenntnis der für beide Hefen unterschiedlichen Aufarbeitungsmethoden (Extraktionsprozeß bei Lavera-Hefe) nicht.

Über die Aminosäurezusammensetzung des Hefeproteins unterrichten die Tabellen 3 (Lavera-Hefe) und 4 (Toprina-Hefe).

Tab. 3

Aminosäurezusammensetzung von Lavera-Hefe

Quelle	E.J.v.Weerden 1969	LUFA Kiel 1970	J.Gropp et al. 1972 ⁺⁾	H.Beck et al. 1973 ⁺⁾
	g Aminosäuren/16 g N			
Methionin	1,6	1,7	1,5	1,5
Cystin	0,9	n.a.	1,0	1,0
Lysin	7,8	7,6	8,2	9,0
Tryptophan	1,3	1,0	n.a.	n.a.
Threonin	5,4	5,7	5,3	5,2
Valin	5,8	6,4	5,5	5,3
Isoleucin	5,3	5,2	4,8	4,9
Leucin	7,8	8,4	7,4	7,5
Phenylalanin	4,8	4,7	4,3	4,7
Tyrosin	4,0	3,8	4,1	4,0
Arginin	5,0	5,1	4,5	4,6
Histidin	2,1	1,9	2,0	2,2
Asparaginsäure	n.a.	10,1	10,6	10,2
Glutaminsäure	n.a.	n.a.	15,3	14,7
Serin	n.a.	4,8	5,1	5,2
Glycin	4,5	n.a.	5,0	4,8
Prolin	n.a.	n.a.	3,3	4,1
Alanin	n.a.	n.a.	5,5	6,1

⁺⁾ Die Aminosäurenmuster wurden von Herrn Univ.-Doz.Dr.H. Erbersdobler, Institut für Tierphysiologie der Universität München, erstellt.

Der hohe Lysin-Gehalt des Lavera-Proteins (durchschnittlich 8,1%) fällt besonders ins Auge. Als weitere günstige Merkmale dieses

Proteins wären zu nennen: der Tryptophangehalt (1,2%) sowie das relativ enge Isoleucin:Leucin-Verhältnis (1:1,5). Als relativ niedrig muß dagegen die Methionin + Cystin-Konzentration (2,6 % und der Arginin-Gehalt (4,8 %) angeführt werden.

Tab. 4

Aminosäurezusammensetzung der Toprina-Hefe

g Aminosäuren/16 g N

Quelle	C.A.Shack- lady 1970	LUFA Kiel 1970	SHACKLADY u. GATUMEL 1972	J.Gropp et al. 1972 ^{*)}	H.Beck et al. 1973 ^{*)}
Methionin	1,7	1,8	1,8	1,7	1,7
Cystin	1,05	n.a.	1,1	0,8	1,0
Lysin	7,5	7,1	7,4	7,8	8,2
Tryptophan	1,3	1,1	1,4	n.b.	n.b.
Threonin	4,7	5,0	4,9	5,2	5,1
Valin	5,9	6,1	5,9	5,4	5,6
Isoleucin	5,2	4,8	5,1	4,7	4,8
Leucin	7,3	7,7	7,4	7,3	7,5
Phenylalanin	4,4	4,3	4,3	4,2	4,5
Tyrosin	3,7	3,3	3,6	3,8	3,6
Arginin	5,2	5,7	5,1	4,8	5,0
Histidin	2,1	1,8	2,1	2,2	2,2
Asparaginsäure	9,2	8,7	n.a.	9,9	9,8
Glutaminsäure	13,4	n.a.	n.a.	14,4	14,6
Serin	4,4	4,3	n.a.	4,9	4,9
Glycin	5,1	n.a.	n.a.	5,0	4,7
Prolin	4,1	n.a.	n.a.	3,6	4,5
Alanin	7,0	n.a.	n.a.	6,3	6,7

^{*)} Die Aminosäurenmuster wurden von Herrn Univ.-Doz.Dr.H. Erbersdobler, Institut für Tierphysiologie der Universität München, erstellt.

Die Aminosäurezusammensetzung von Toprina-Protein unterscheidet sich kaum vom Aminosäurenmuster des Lavera-Proteins. Der Lysin-Gehalt wurde hier mit durchschnittlich 7,6 % ermittelt. Die Angaben für Tryptophan schwanken von 1,1 - 1,4 % vom Protein. Das Isoleucin:Leucin-Verhältnis ist mit 1:1,5 in beiden Hefen gleich ausgefallen. Als niedrig sind auch bei Toprina-Proben die Konzentrationen an Methionin und Cystin mit zusammen 2,7 % zu werten.

Über die Qualität des Hefeproteins, soweit sie aus chemisch-analytischen Daten abzulesen ist, orientiert Tab. 5. Hier ist die sich aus den Werten der Tab. 3 und 4 ergebende durchschnittliche Aminosäuren-Zusammensetzung von Lavera- und Toprina-Protein den entsprechenden Angaben für Soja- und Fischmehlprotein gegenübergestellt.

Tab. 5

Vergleich der Aminosäurezusammensetzung von Lavera- und Toprina-Hefe-Protein mit Soja- und Fischmehlprotein

g Aminosäuren/16 g N

	Lavera	Toprina	Sojaprotein (77)	Fischprotein (10)
Methionin	1,6	1,7	1,4	2,9
Cystin	1,0	1,0	1,5	1,0
Lysin	8,1	7,6	6,4	8,0
Tryptophan	1,2	1,3	1,4	1,2
Threonin	5,4	5,0	3,9	4,5
Valin	5,8	5,8	5,0	5,4
Isoleucin	5,1	4,9	4,5	4,0
Leucin	7,8	7,4	7,4	8,0
Phenylalanin	4,6	4,3	5,0	4,2
Tyrosin	4,0	3,6	3,0	3,1
Arginin	4,8	5,2	7,0	5,8
Histidin	2,1	2,1	2,4	2,5
Asparaginsäure	10,3	9,4	11,5	9,6
Glutaminsäure	15,0	14,1	21,0	13,1
Serin	5,0	4,6	5,5	4,7
Glycin	4,8	4,9	4,5	4,8
Prolin	3,7	4,1	5,1	6,0
Alanin	5,8	6,7	4,6	6,9

Wie aus dem Vergleich mit anderen Eiweißfuttermitteln hervorgeht, zeichnen sich beide Alkan-Hefen durch ihren Lysin-Reichtum aus. Die Lysin-Konzentration liegt dabei etwa auf Fischmehlprotein-Niveau und überschreitet mit 7,6 bzw. 8,1 % deutlich den entsprechenden Wert für Sojaprotein mit 6,4 %. Dieser analytisch ausgewiesene Lysingehalt dürfte genügen, den Bedarf der meisten Tierarten zu decken (Wiederkäuer werden in diese Betrachtung nicht einbezogen, da sie weitgehend unabhängig von der Qualität des Nahrungsproteins leben). Für die zahlenmäßig überwiegenden Nutztiere wie Schweine und Hausgeflügel (Lysinbedarf ca. 5 % vom Protein) dürfte sich voraussichtlich eine deutliche Ergänzungswirkung des Hefeproteins an Lysin einstellen. Hier ergibt sich eine direkte (zahlenmäßige) Parallele zu Fischmehl.

Die Konzentration an Schwefelaminosäuren wird dagegen den Bedarfsansprüchen der meisten Nutztierarten (3,4 - 3,8 % vom Protein) nicht gerecht werden. Hier ergeben sich ähnliche Verhältnisse wie bei Sojaprotein, dessen Methionin + Cystin-Konzentration ebenfalls unter den entsprechenden Bedarfswerten liegt. Hefeprotein wird daher in der Regel wohl nur methionin-ergänzt angeboten werden dürfen, wenn ein ausgewogenes Proteinangebot angestrebt wird.

Weiter darf vermutet werden, daß bei Verwendung von Hefeprotein als alleinigem Rationsprotein wegen eines Lysin-Arginin-Verhältnisses von durchschnittlich 1,57:1 mit einer Unterversorgung an Arginin gerechnet werden muß. Dies geht bereits aus einem Vergleich beispielsweise der Bedarfsangaben für (Mast-) Geflügel mit 6,0 % vom Protein und den Analysendaten von Hefeprotein mit ca. 5,0 % ^{Arginin} hervor. Weiter muß das Auftreten von Imbalanzerscheinungen erwähnt werden, da hohe Lysinkonzentrationen den Arginin-Bedarf ebenfalls anheben.

In diesem Zusammenhang muß auf den Befund von AUSTIC u. NESHEIM (1970) verwiesen werden, die zeigen konnten, daß durch Lysin-Gaben die Aktivität einer Nierenarginase gesteigert werden kann.

Bei Einsatz von Hefe als alleiniger Proteinquelle in Geflügelrationen wird schließlich auch der Glycin-Konzentration Aufmerksamkeit geschenkt werden müssen, die mit durchschnittlich 4,9 % vom Bedarf nur knapp den Bedarfswerten von (Mast-) Geflügel mit 5,0 % entspricht.

Die Fettsäurezusammensetzung des Rohfettanteils (Ätherextrakt) der Hefen Lavera und Toprina ist in Tab. 6 wiedergegeben.

Tab. 6

Fettsäuren in % der auf 100 auslaufenden Gesamtfettsäuren
im Ätherextrakt der Alkan-Hefen Lavera und Toprina
(R. BOEHNCKE, 1973)

	Lavera	Toprina
C-11 Undecansäure	+	0,3
C-12 Dodecansäure (Laurinsäure)	0,5	2,4
C-13 Tridecansäure	+	3,6
C-14 Tetradecansäure (Myristinsäure)	0,8	2,5
C-15 Pentadecansäure	2,0	8,3
C-15:1 Pentadecaensäure	0,3	+
C-16 Hexadecansäure (Palmitinsäure)	16,0	11,5
C-16:1 Hexadecaensäure (Palmitoleinsäure)	1,2	0,6
C-17 Heptadecansäure	7,3	1,4
C-16:2 Hexadecadiensäuren	4,8	0,9
C-18 Octadecansäure (Stearinsäure)	6,8	6,8
C-18:1 Octadecaensäure (Oleinsäure)	4,3	6,2
C-18:2 Octadecadiensäuren (u.a. Linolsäure)	2,1	5,1
C-20 Eicosansäure (Arachinsäure)	0,3	0,4
C-18:3 Octadecatriensäuren (u.a. Linolensäure)	23,7	6,9
C-20:1 Eicosaensäure	2,0	1,5
C-20:2 Eicosadiensäuren	1,1	0,1
C-20:3 Eicosatriensäuren	24,7	36,2
C-22 Docosansäure	1,4	2,5
C-20:4 Eicosatetraensäuren (u.a. Arachidonsäure)	0,7	2,8
	100,0	100,0

Im Fettsäuremuster der beiden Alkanhefen überwiegen die ungesättigten Fettsäuren. Sie sind im Rohfettanteil der Lavera- bzw. Toprina-Hefe mit 64,9 % bzw. 60,3 % vertreten. Die Polyensäuren (mehrfach ungesättigte Fettsäuren) machen noch 57,1 bzw. 52 % der Gesamtfettsäuren im Lavera- bzw. Toprina-Rohfett aus.

Im Fettsäuremuster der Lavera-Hefe dominieren die Eicosatriensäuren mit 24,7 %, die Octadecatriensäuren mit 23,7 % sowie die Palmitinsäure (Hexadecansäure) mit 16,0 %. Die korrespondierenden Werte für Toprina-Rohfett belaufen sich auf 36,2; 6,9 bzw. 11,5 %.

Im Vergleich zu den Rohfettanteilen anderer Futtermittel bzw. zu Futterfetten fällt der hohe Anteil ungeradzahlicher Fettsäuren ins Auge, der beiden Alkan-Hefen gemeinsam ist. Er beträgt bei Lavera-Hefe 9,6 % und bei Toprina-Hefe 13,6 %. Diese ungeradzahlichen Fettsäuren sind als charakteristisch für mikrobiell gebildete Fette zu betrachten. Ihr Vorkommen in der Alkan-Hefe wird auch von anderer Seite bestätigt (51).

Auch die Erdölhefen zeichnen sich wie die klassischen Futterhefen durch ihren hohen Vitamingehalt aus (Tab. 7).

Tab. 7

Vitamingehalt der Hefen Lavera und Toprina (mg/kg)

Hefetyp Quelle	Lavera		Toprina	
	C.A.Shacklady u. E. Gatumel	LUFA Kiel	C.A. Shacklady u.E. Gatumel	LUFA Kiel
	1972	1970	1972	1970
Thiamin	3,1	1,8	4,0	5,3
Riboflavin	183,0	196,0	180,0	208,0
Pyridoxin	57,0	4,2	25,0	12,2
Cyanocobalamin	0,001	n.a.	0,001	n.a.
Niacin	125,0	57,9	430,0	532,0
Ca-Pantothenat	10,0	9,2	125,0	102,3
Folsäure	7,0	11,2	6,4	3,0
Inositol	1430,0	634,0	3265,0	1189,0
Cholin	1740,0	416,0	7200,0	6280,0
p-Aminobenzoe- säure	35,0	8,1	40,0	12,7
Biotin	n.a.	0,2	n.a.	1,3

Besonders hervorzuheben ist die Konzentration an Riboflavin (knapp 200 ppm) , Nikotinsäure, Inosit und Cholin. Ergänzend muß angemerkt werden, daß der Gehalt an den drei letztgenannten Vitaminen sowie an Ca-Pantothenat in Lavera-Hefe deutlich niedriger ausgefallen ist als in Toprina-Hefe. SHACKLADY (1972) bringt dies - zumindest für Cholin - mit der Extraktion mittels eines polaren Lösungsmittels in Zusammenhang, durch welche Cholin ausgewaschen wird (Toprina-Hefe wird keinem Extraktionsgang unterworfen).

Der Mineralstoff- und Spurenelementgehalt der Hefen Lavera und Toprina kann aus Tab. 8 entnommen werden.

Tab. 8

Mineralstoff- und Spurenelementgehalt der
Alkanhefen Lavera und Toprina
(LUFA Kiel 1970)

	Mineralstoffe (%)			(Spurenelemente (mg/kg))	
	Lavera	Toprina		Lavera	Toprina
Calcium	0,20	0,004	Mangan	37,00	288,00
Phosphor	1,70	1,400	Zink	900,00	868,00
Magnesium	0,20	0,140	Eisen	684,00	141,00
Kalium	2,36	1,340	Kupfer	9,80	10,00
Natrium ^{*)}	0,07	0,040	Kobalt	4,00	3,80
			Blei	0,54	0,83

*) Analyse: Dr. E. Boehncke, Institut für Tierphysiologie
der Universität München, 1972

Die Alkan-Hefen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Mineralstoffkonzentration erheblich von anderen tierischen Eiweißfuttermitteln wie beispielsweise Fischmehl oder Tierkörpermehl. Während für die genannten Futtermittel Ca-Gehalte zwischen 3 und 5 % sowie eine P-Konzentration von 2 bis 3 % als durchschnittlich zu bezeichnen sind, werden in den Alkan-Hefen nur 0,004 - 0,2 % Ca und ca. 1,5 % P gemessen. Dies ist fraglos auf das Fehlen eines Skelettsystems als Ca- und P-Quelle in den "tierischen Futtermitteln" Alkan-Hefen zurückzuführen. Die

Konzentration an Magnesium liegt in den Alkan-Hefen etwa um den Faktor 3, die von Natrium um den Faktor 10 unter dem entsprechenden Fischmehl-Wert. Über die Verfügbarkeit dieser Mineralstoffe, die aber als wertbestimmend zu betrachten ist, liegen bisher keine Angaben vor.

Der Spurenelementgehalt von Hefen ist in hohem Maße von der Konzentration dieser Stoffe im Nährmedium abhängig. Bestimmte Spurenelemente wie Fe werden von den Alkan-Hefen während des Wachstums akkumuliert.

Toxogene Spurenelemente wie Blei, Fluor oder Chrom liegen nicht in bedenklicher Konzentration vor.

2.2.1 Futterwert der Alkanhefen Lavera und Toprina

Als erstes orientierendes Kriterium für den Futterwert eines Futtermittels kann dessen Verdaulichkeit gelten, wobei je nach den wertbestimmenden Bestandteilen die Verdauungsquotienten (VQ) einzelner Rohnährstoffe im Vordergrund stehen.

Für die beiden Alkan-Hefen liegen ausgedehnte Verdaulichkeitsexperimente bei Geflügel, Ratten, Schweinen und milchernährten Kälbern vor.

Über die Verdaulichkeitsquotienten der Alkan-Hefen und ihrer Rohnährstoffe bei Geflügel orientiert Tab. 9.

Tab. 9

Verdaulichkeitsquotienten bei Mastgeflügel (2.-6. Lebenswoche) für Lavera- und Toprina-Hefe
(v. WEERDEN, 1969)

	Org. Substanz	Rohprotein	Rohfett
Lavera-Hefe	75,8	84,6	-
Toprina-Hefe	79,2	83,6	77,5

Die VQ der Organischen Substanz wurden für die Lavera-Hefe mit 75,8 % und für die Toprina-Hefe mit 79,2 % jeweils deutlich unter den jeweiligen Werten der hefefreien Basalration mit 80,9 bzw. 83,4% ^{ermittelt}. Die scheinbare Rohproteinverdaulichkeit lag mit

84,6 bzw. 83,6 % für die Hefen Lavera und Toprina nahezu gleich. Sie unterschritten die korrespondierenden Werte der jeweiligen hefefreien Basalrationen mit 82,0 % bzw. 85,0 % nicht oder nur unwesentlich. Für den wertbestimmenden Bestandteil der Alkan-Hefen, den Rohproteinanteil, kann daher eine Verdaulichkeit angenommen werden, die etwa auf dem Niveau der in Geflügelrationen üblichen Rohproteinfraktion liegt.

Die Werte für die Verdaulichkeit der Organischen Substanz bzw. des Rohproteins sind Mittelwerte aus zwei Versuchsperioden (I und II), die im Alter von ca. 2 1/2 bzw. 5 1/2 Wochen durchgeführt wurden.

Zerlegt man diese Werte in die ihnen zugrunde liegenden Einzeldaten, dann läßt sich eine Altersabhängigkeit der Verdauungsquotienten erkennen.

Die scheinbare Verdaulichkeit der Organischen Substanz der Lavera- (Toprina-)Hefe wurde im Alter von 2 1/2 Wochen mit 74,9 % (78,6), drei Wochen später mit 76,6 % (80,5) gemessen.

Dieselbe Tendenz zeigte die Rohproteinverdaulichkeit. Der Stickstoff der Lavera- bzw. Toprina-Hefe wurde von den jüngeren Tieren zu 84,1 bzw. 82,8 % (scheinbar) resorbiert, während die entsprechenden Werte der späteren Versuchsperiode mit 85,2 bzw. 84,4 % ermittelt wurden.

Die mittlere scheinbare Verdaulichkeit des Toprina-Proteins (83,6 %) korrespondiert in brauchbarer Weise mit einer wahren Proteinverdaulichkeit von 90,8 %, wie sie SHANNON und McNAB (1973) in Versuchen an colostomierten Legehennen ermittelt haben.

Dieselben Untersucher bestimmten die Verdaulichkeit der Organischen Substanz mit 78,3 %. Diese Zahl liegt nur knapp unter dem korrespondierenden Wert von 79,2 %, den v. WEERDEN (1969) bei Broilerküken festgestellt hatte.

SHACKLADY et al. (1969) berichten von Verdauungsstudien an Ratten, in denen sie wesentlich höhere Verdaulichkeitsquotienten für Lavera- und Toprina-Protein messen konnten als in Geflügelversuchen. Die wahre Verdaulichkeit des Lavera- bzw. Toprina-

Proteins lag bei 96 bzw. 94 %. Diese Daten können durchaus neben den Protein-Verdaulichkeitswerten von Eiweißfuttermitteln guter Qualität, wie z.B. Eiprotein (100 %) und Trockenmagermilch (95 %) bestehen.

Ein Versuch von BARBER et al. (1971), der an Schweinen durchgeführt wurde, bestätigt dieses Ergebnis. In diesem Experiment wurde die scheinbare Proteinverdaulichkeit einer Fischmehlration mit der einer methionin-ergänzten Toprina-Heferation verglichen. Den Tieren wurden sowohl in der Mastperiode I (bis 60 kg KG) als auch in der Endmast (60 - 100 kg KG) je zwei im Rohproteingehalt unterschiedliche Rationen angeboten, die 15 bzw. 13 % RP in der Mast I und 13,4 bzw. 12,3 % RP in der Mast II enthielten.

Dementsprechend unterschieden sich die Anteile der eiweißreichen Komponenten Fischmehl bzw. Toprina-Hefe: Im Mastfutter I waren sie mit 7 bzw. 3 %, im Mastfutter II mit 3,6 bzw. 1,5 % vertreten.

Da ein nahezu gleicher RP-Gehalt für Fischmehl und Toprina-Hefe ermittelt wurde, war es möglich, beide Proteinträger in gleichen Anteilen, ohne die Proteinäquivalenz zu beeinträchtigen, gegeneinander auszutauschen.

Bei gleicher Wachstumsrate wurden die scheinbare Rohproteinverdaulichkeit der 7-bzw. 3 %-Fischmehl-Ration mit 81,4 %, der entsprechende VQ der Heferation mit 80,9 % gemessen. 79,1 bzw. 77,6 % wurden als korrespondierende Werte in den Rationen mit geringerem Proteingehalt ermittelt. Diese auf das unterschiedliche Proteinangebot zurückzuführende Differenz in den Werten der scheinbaren Verdaulichkeit dürfte methodisch (Bilanztechnik) bedingt sein.

Aus den Ergebnissen wird geschlossen, daß Fischmehl in Schweinerationen ohne Beeinträchtigung der scheinbaren Rohproteinverdaulichkeit bis 27 % vom Rationsprotein durch Toprina-Hefe ersetzt werden kann.

SHACKLADY (1967) nennt dagegen ⁱⁿ einer früheren Publikation Werte der scheinbaren Laver- und Toprina-Protein-Verdaulichkeit bei Schweinen von 94 bzw. 86 %.

Da sich außer der BP viele weitere Ölgesellschaften und andere Interessenten, vornehmlich in den Ostblockstaaten, für diesen potentiellen Industriezweig interessierten, liegen auch eine Reihe von Daten über Hefechargen anderer Herkunft vor.

So prüften BOCK et al. (1968) u.a. die Proteinverdaulichkeit von Hefen (*C. lipolytica*) - die Produktionsstätte wird nicht genannt - , die ebenfalls auf gereinigten Paraffinen bzw. Dieselöl gewachsen waren.

Die scheinbare Stickstoffverdaulichkeit, die an wachsenden Albinoratten gemessen wurde, bewegte sich im Bereich von 59 - 73 % (7).

Der Protein-VQ der auf gereinigten n-Paraffinen gezüchteten Hefe lag an der unteren Grenze dieses Bereiches. Eine Proteinverdaulichkeit über 80 % konnte in keinem Fall festgestellt werden.

Diese Werte sind im allgemeinen unbefriedigend, wenn auch von den Verfassern festgestellt wird, daß die an Ratten ermittelten Proteinverdaulichkeitswerte vieler Futtermittel relativ niedrig liegen, z.B. in der Regel ungefähr um 5 Einheiten niedriger als parallel dazu an Schweinen gemessene Daten.

Dieser Erklärung scheinen die von SHACKLADY (48) und SCHILLER et al. (55) erhobenen Befunde entgegenzustehen. SCHILLER et al. (1972) konnten wesentlich höhere Rohprotein-VQen als BOCK et al. an Ratten ermitteln. Sie verwendeten insgesamt 5 Rohöl- und n-Paraffin-Hefen, deren Herkunft nicht erwähnt wird. Die scheinbare Proteinverdaulichkeit dieser Hefen betrug 72 - 85 %. Die wahre Verdaulichkeit lag um weitere 10 - 15 % darüber.

Diese Ergebnisse werden auch durch Untersuchungen von PALMER und SMITH (1971) bestätigt, die bei ihren Verdaulichkeitsstudien mit verschiedenen Hefen an Ratten in der Mehrzahl Werte über 90 % (wahre N-Verdaulichkeit) fanden. Allerdings fällt auf, daß ein Hefetyp nur eine wahre Protein-Verdaulichkeit von 79 % aufwies. Diese weite Streuung kann man bei allen Ver-

suchen beobachten, in denen Hefen verschiedener Herkunft und Aufbereitung geprüft wurden. Sie legt die Vermutung nahe, daß der Futterwert der Kohlenwasserstoff-Hefen, der durch die Verdaulichkeit entscheidend mitbestimmt wird, offensichtlich von der Behandlung der Biomasse nach Verlassen des Fermenters bestimmt wird. Enthält die fertige Futterhefe relativ viele unbeschädigte Zellen, dann wird für die Verdaulichkeit der Organischen Substanz und der Proteinfraktion ein niedrigerer Wert gemessen. ^{Wie} MATELES et al. (1968) beweisen konnten, sind die Zellwände, die in der Hauptsache aus Mannan und Glucan bestehen, für die Verdauungsfermente schwer angreifbar. Durch die geringe Verdaulichkeit intakter Hefezellen wird dann der entsprechende Wert auch des Zellinhalts und damit des Proteinanteils beeinträchtigt.

Auf die geringe Verdaulichkeit der NFE-Fraktion (vorwiegend Hefe-Mannan und Glucan) wird später noch gesondert eingegangen.

In diese Deutung fügt sich unschwer der Befund von SCHILLER et al. (1972) ein, die nachweisen konnten, daß die Verdaulichkeit von sehr schonend getrockneten (lyophilisierten) Brauerei- und Bierhefen im Vergleich zu der Verdaulichkeit anderer Hefen, die weniger schonenden Aufbereitungsprozessen unterzogen worden waren, deutlich abfiel.

OTUKA und MITA (1972) bestätigen ebenfalls, daß die Verdaulichkeit der Hefemasse u.a. von der Angreifbarkeit der Zellwände für Verdauungsenzyme abhängig ist. Für n-Paraffin-Hefen japanischer Produktion ermittelten sie Verdaulichkeitsquotienten von 88 - 89 % bei Broilern bzw. von 91 - 95 % bei Legehennen (41)

Sie stellten parallel dazu fest, daß die Chitinase-Aktivität im Darm bei Legehennen höher war als bei Broilerküken. Da die Hefe ungefähr 2 % Chitin in der Zelltrockensubstanz enthielt, liegt es nahe, diese Anhebung der Verdaulichkeit bei Legehennen mit der vermehrten Chitinase-Aktivität zu erklären.

Bei eiweißreichen Futtermitteln bestimmt deren Fettgehalt, wenn

er anteilmäßig ins Gewicht fällt, den Energiegehalt und damit den Futterwert dieser Eiweißfuttermittel an 2. Stelle. (Der erste Rang kommt der Qualität des Eiweißanteils zu.) Die Verfügbarkeit der Rohfettkomponente ist weitgehend ihrer Verdaulichkeit gleichzusetzen.

In diesem Zusammenhang interessieren Daten über die Lavera-Hefe relativ wenig, weil während des Produktionsganges die Lavera-Hefe einem Extraktionsprozeß unterzogen wird, als dessen Folge der Fettgehalt im verarbeitungsfertigen Futtermittel auf ca. 1 % abgesunken ist.

Toprina-Hefe enthält dagegen ca. 6 % Rohfett.

Van WEERDEN (1969) ermittelte an Broilerküken die Rohfett-Verdaulichkeit von Toprina-Hefe mit 77,5 %. Der VQ war hier noch deutlicher als dies für die anderen Hefeinhaltsstoffe zutrifft mit dem Lebensalter positiv korreliert. Für das 3,5 Wochen alte Küken wurden 74,6 % Fett-Verdaulichkeit gemessen, für das 5,5 Wochen alte Tier dagegen bereits 80,3 %.

Es überrascht allerdings, daß bei Legehennen die Fettverdaulichkeit der Toprina-Hefe (Fettgehalt: 8 %) von SHANNON und McNAB (1973) mit nur 65,6 % angegeben wird. Es muß angemerkt werden, daß der Hefegehalt der Testration 40 % betrug. In eigenen Untersuchungen wurde bei Verwendung dieser Hefekonzentration in Broilerrationen eine deutlich wäßrigere Kotkonsistenz als in Sojakontrollrationen, aber auch als in 20 % Hefemischungen beobachtet. Dieser Befund ließe sich möglicherweise als eine generell verringerte Hefe-Verdaulichkeit deuten und könnte so zur Erklärung des oben angeführten wider Erwarten geringen Fettverdaulichkeitskoeffizienten bei Legehennen beitragen.

Die gleichen Untersucher bestimmten die wahre Verdaulichkeit des Toprina-Fettanteils mit 72,9 %.

Eine geringe Fettverdaulichkeit mag zwar den Verdaulichkeitsquotienten der organischen Toprina-Substanz und damit den Zahlenwert der Verdaulichen Energie verringern. Es bleibt aber dahingestellt, ob in Anbetracht des unter praktischen Fütterungsbedingungen mit 10 bis max. 20 % doch relativ geringen

Hefeanteils in Geflügelrationen auch hier eine nennenswerte Verdaulichkeitsdepression eintritt. Wie die unter 2.3.2 aufgeführten Fütterungsversuche an Legehennen zeigen, muß mit einem solchen Vorgang nicht gerechnet werden.

Grundsätzlich muß an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, daß die Rohfettfraktion beliebiger Kohlenwasserstoffhefen oft sehr uneinheitlich ausfällt. Mehr oder minder große Rückstände an Kohlenwasserstoffen bestimmen dann den unverseifbaren Anteil der Gesamt-Rohfettfraktion. Aus ihren eigenen Untersuchungen leiten BOCK und Mitarb. (1968) ab, daß dieser unverseifbare Anteil 5 % der Hefe-Trockensubstanz nicht überschreiten sollte.

In den diesen Autoren vorliegenden Hefeproben machte der unverseifbare Anteil im Mittel 50-60 % der Rohfettfraktion aus. Daraus kann gefolgert werden, daß in Gasöl- und Paraffinhefen der Rohfettgehalt einen Wert von 8 - 10 % nicht übersteigen sollte.

Die Alkan-Hefen dürften dieses Kriterium beide erfüllen, wie aus den in den Tab. 1 und 2 genannten Analysendaten für den Rohfettgehalt hervorgeht.

Der Gehalt an N-freien Extraktstoffen macht bei Hefen in der Regel 20 - 25 % der Hefemasse aus. Er interessiert vor allem wegen seiner Zusammensetzung.

Die Hefekohlenhydrate sind polymerer Natur (Glucane, Mannane). Als ihre monomeren Bausteine müssen Glucose und Mannose genannt werden. In Hefeglucan sind im Durchschnitt 35-40 Glucoseanhydridreste 1-3- β -glykosidisch gebunden. Hefemannan ist ein verzweigtkettiges Polysaccharid, das aus ca. 170 - 400 Mannose anhydridresten besteht, die α -1-6-glykosidisch bzw. α -1-2-glykosidisch aneinandergeheftet sind (8 , 73).

Diese Polysaccharide kommen in der Hefezellwand vor. Nach NORTHCOTE und HORN (1952) sollen die Hefezellwände zu ca. 29 % aus Glucan und zu 31 % aus Mannan bestehen. Anhand der Analysendaten von SHANNON und McNAB kann der Glucan- bzw. Mannan-Gehalt der Toprina-Hefe-TS mit 7,2 bzw. 15,8 % geschätzt werden.

Van WEERDEN errechnete bei seinen Verdauungsversuchen an Broilerküken mittels der Differenzmethode den Verdaulichkeitsquotienten der Lavera-NFE-Fraktion mit 53 %; der korrespondierende Toprina-Wert wird mit 68 % angegeben.

Aus der geringen Verdaulichkeit dieser N-freien Extraktstoffe bei verhältnismäßig guter RP-Verdaulichkeit (84 bzw. 85 %) ist auch der relativ niedrige Verdauungsquotient für die Organische Substanz der beiden Hefen zu erklären (Lavera 76 %, Toprina 79 %).

SHANNON und McNAB (1973) prüften an colostomierten Legehennen ebenfalls die Verdaulichkeit der stickstofffreien Extraktstoffe, die sie als Mannose und Glucose bestimmten. Sie fanden mittlere Verdaulichkeitsquotienten von 71 % für Mannose bzw. 81 % für Glucose. Es wird nicht ausgeschlossen, daß infolge endogen entstandener und in den Fäces gemessener Glucose der VQ von 81 % für Glucose zahlenmäßig zu klein ausgefallen sein könnte.

Unter Berücksichtigung des unterschiedlich hohen Glucose- und Mannose-Anteils läßt sich aus diesen Daten die scheinbare Verdaulichkeit der Toprina-NFE mit 78 % schätzen.

Dieser an Legehennen ermittelte Wert (78 %) liegt deutlich über der korrespondierenden Angabe bei Broilern mit 68 %. Der Unterschied könnte hier - wie bei der ähnlichen Differenz bezüglich der Rohproteinverdaulichkeit - auf eine höhere Glucan- bzw. Mannan-spaltende Aktivität (möglicherweise mikrobiellen Ursprungs) im Darmlumen der älteren Tiere zurückgeführt werden.

Die von SHANNON und McNAB zur Bestimmung der NFE-Verdaulichkeit angewandte Indikator-Methode mit Cr_2O_3 läßt aber auch einen anderen Schluß zu. Mit der klassischen Total-collection-Methode bestimmten die Autoren den Gehalt an Verdaulicher Energie mit 3671 kcal/kg; mit der Chromoxid-Methode ermittelten sie einen ca. 10 % höheren Wert (4055 kcal/kg). Wenn dieser Unterschied methodisch bedingt ist, beispielsweise durch eine nicht vollständige Indikator-Wiederauffindungsrate, dann besteht kein Grund, dieselben experimentellen Verhältnisse nicht auch der richtigen Einschätzung des NFE-VQ zugrunde zu legen.

Nach Vornahme dieser Korrektur (Zahlenwert $\times 90$ %) ließe sich der NFE-VQ auf ca. 70 % schätzen. Er läge damit auf demselben Niveau wie 68 % von van WEERDEN (1969).

Bei der Besprechung des Futterwertes von Hefe darf ein wichtiges Kriterium, das für die Bewertung aller Single Cell-Proteine von großer Bedeutung ist, nicht außer acht gelassen werden: Der Gehalt an Purinkörpern.

Faßt man die Untersuchungen vieler Autoren zusammen, dann ergibt sich ein Gehalt an Nucleinsäuren-Stickstoff von ca. 10 % des SCP-Gesamtstickstoffs (6, 8, 54, 58). Aus diesen Zahlen-

angaben ist unschwer zu folgern, daß dieser NPN-Fraktion große Bedeutung hinsichtlich der richtigen Einschätzung des Proteinwertes von Single Cell-Protein zukommt.

Der aus der Nucleinsäurenfraktion stammende Purin-Stickstoff wird, wenn er nicht nach Resorption zur neuerlichen Nucleinsäure-Synthese verwendet wird, als Harnsäure (Mensch, Geflügel) bzw. Allantoin (Haussäuger) ausgeschieden.

Die Harnsäure stellt beim Geflügel das überwiegende End- und Ausscheidungsprodukt des Protein-Stickstoff-Stoffwechsels dar. Beim Menschen kommt, wie auch bei den Haussäufern, diese Rolle dem Harnstoff zu. Eine ansteigende Purin-N-Aufnahme führt aber beim Menschen zu einer zunehmenden Harnsäuresynthese. Der Harnsäurespiegel des Blutes steigt an, erhöhte Risiken bezüglich einer Gichterkrankung sowie hinsichtlich der Harnsteinbildung resultieren daraus. Es erscheint daher logisch, wenn in der einschlägigen Literatur (66) gefordert wird, die Höchstgrenze der Nucleinsäure-Aufnahme für den erwachsenen Menschen mit 2 g/Tag festzuschreiben.

Die Protein Advisory Group (1970) hält auf Grund dieser Forderung einen täglichen Hefeverzehr des Menschen von 10 - 30 g für angemessen.

Der Purinstickstoff wird bei der Kjeldahl-Analyse (dem gebräuchlichen Verfahren zur Stickstoff-Bestimmung in Futtermitteln) erfaßt und geht mit $N \times 6,25$ in die Proteinfraction ein. Daraus folgt, daß infolge der üblichen Proteinanalytik der Proteinanteil ribonucleinsäurehaltiger Futtermittel wie der Hefen überschätzt wird.

Aus den zur Verfügung stehenden Daten (3, 54) läßt sich der Anteil des Purin-N am Gesamt-Stickstoff der Toprina-Hefe mit ca. 8 % beziffern.

Ribonucleinsäure-Stickstoff soll von der Ratte nahezu vollständig resorbiert werden (35). An colostomierten Legehennen wurde der Verdaulichkeitsquotient für Toprina-Nucleinsäuren mit 77,2 % ermittelt (54). Da auch hier bei der Bestimmung der Verdaulichkeit mit Cr_2O_5 als Indikator gearbeitet wurde, dürfte dieser Verdaulichkeitswert tatsächlich eher bei knapp 70 % liegen (siehe auch S. 21). LABIB und HEWITT (1973)

konnten zeigen, daß Broilerküken auf einen Ribonucleinsäure-Zusatz (1,9 %) zur Heferation (19 % Toprina) weit empfindlicher mit einer Wachstumsdepression reagieren als auf eine gleich hohe RNS-Ergänzung einer proteinäquivalenten Soja-Fischmehl-Ration. Offensichtlich erreichte bei diesem Hefegehalt der Ration das Gesamt-Ribonucleinsäureangebot eher einen Verträglichkeits-Schwellenwert als bei den ribonucleinsäureärmeren Soja-Fischmehl-Kontrollrationen.

2.2.1.1 Die Wertigkeit des Alkan-Hefe-Proteins

Die scheinbare Verdaulichkeit informiert nur unzureichend über den Futterwert einer Rohproteinfraktion. Auch die wahre Verdaulichkeit ist noch mit Mängeln behaftet, da einmal die Aminosäuren, aus welchen die Rohproteinfraktion zusammengesetzt ist, durch unterschiedliche Verdauungsquotienten charakterisiert sein können und da zum anderen die resorbierte AS-Fraktion dem Aminosäuren-Bedarf des Versuchstieres in sehr verschiedener Weise entsprechen kann.

SHANNON und McNAB (1973) untersuchten an colostomierten Legenhennen die AS-Verdaulichkeit des Toprina-Proteins. Sie fanden bei einer Gesamt-N-Verdaulichkeit von 90,1 % Aminosäurenverdaulichkeitswerte zwischen 83,8 und 95,6 %. Die geringste Verdaulichkeit wurde für Tryptophan und Cystin mit 83,8 bzw. 85,4 % ermittelt. Diese Verdaulichkeitsquotienten lagen signifikant ($P < 0,05$) etwa um 10% unter dem Mittelwert der übrigen Aminosäuren ($92,4 \pm 1,5$ %). (Die Untersucher diskutieren allerdings, ob nicht der niedrige Cystin-Verdaulichkeitsquotient mit Hydrolysenverlusten von Cystin bei der Probenaufbereitung in Zusammenhang stehe.)

Es fällt auf, daß die drei basischen Aminosäuren Arginin, Lysin und Histidin mit 95,6 %; 94,4 % bzw. 93,7 % die höchsten Verdaulichkeitsquotienten aufwiesen. Die Werte für Lysin und Arginin unterscheiden sich sowohl von den bereits genannten Aminosäuren Tryptophan und Cystin wie auch von den VQen für Glycin (89,8 %) und Methionin (90,0%).

Diese Tendenz zur höheren Verdaulichkeit bei basischen Aminosäuren gegenüber sauren und neutralen Aminosäuren stimmt überein mit früheren Beobachtungen derselben Autoren an anderen Proteinen (37).

Die Gesamtheit der vorgelegten AS-Verdaulichkeitskoeffizienten korrespondiert in brauchbarer Weise mit vergleichbaren Werten von Fischmehl-Aminosäuren, die von BOCK et al. (1972) vorgelegt wurden.

Untersuchungen derselben Autoren über die AS-Verdaulichkeit von Sulfitablaugenhefe führten allerdings zu erheblich geringeren Werten (73,5:91,5 %). Auch hier war Cystin mit 65,1 % am schlechtesten verdaulich. In diesem Zusammenhang ist die Anmerkung von Interesse, daß BOCK et al. (1968) bei Sulfitablaugenhefen-Protein auch einen geringeren VQ (67,2) ermittelten als für n-Pa-raffin-Hefeprotein (73,7) eigener Produktion.

Die klassische Methode zur Beurteilung eines Proteins ist die Messung der biologischen Wertigkeit nach THOMAS und MITCHELL. Dieser Wert gibt die im Tierversuch ermittelte Menge retinieren Futterprotein-Stickstoffs in Prozent des resorbierten Stickstoffs an. Er entspricht somit der Menge an körpereigenem Protein, welche durch 100 g verdauliches Protein des entsprechenden Futtermittels quantitativ ersetzt werden kann.

BOCK et al. (1968) ermittelten an wachsenden Albinoratten die biologische Wertigkeit von Hefen, deren Ausgangsmaterialien Sulfitablauge, Melasse, Kartoffelschlempe, Maisspindeln und Schweineexkremente waren. Die biologische Wertigkeit für diese verschiedenen Hefeproteine betrug 59, 59, 57 bzw. 59. Diese Zahlen liegen erheblich unter den korrespondierenden Werten der Standardproteine aus Trockenmagermilch mit 87 und Eipulver mit 90 (50).

Die von SCHILLER und Mitarb. (1972) berichteten Daten der biologischen Wertigkeit von Hefeproteinen verschiedener Herkunft (Sulfitablaugen, Melasse, Malzextrakt) lagen mit 68, 76 bzw. 79 zwar über den von BOCK et al. (1968) ermittelten Werten, sie bleiben jedoch unbefriedigend.

Die Erdölhefen Lavera und Toprina unterscheiden sich hinsichtlich dieses Parameters nicht wesentlich von den konventionellen Futterhefen. SHACKLADY und GATUMEL (1972) nennen Werte von 54 und 61 für Lavera- bzw. Toprina-Protein.

Bereits aus den chemisch-analytisch ermittelten Aminosäuren-Gehaltswerten der Alkan-Proteine konnte geschlossen werden, daß diese Proteine durch ein Defizit an Schwefelaminosäuren gekennzeichnet sind. Folglich wäre eine günstige Auswirkung einer Methionin-Ergänzung von Hefeprotein auf die biologische Wertigkeit zu erwarten. Durch die Supplementierung der Lavera- und Toprina-Versuchsrationen mit je 0,3 % DL-Methionin konnte die biologische Wertigkeit des Lavera- bzw. Toprina-Proteins auf 96 bzw. 91 angehoben werden. Sie liegt damit in derselben Größenordnung wie die biologische Wertigkeit von Fischmehl und methionin-ergänzttem Sojaprotein, aber auch der Standardproteine Milch- bzw. Eiprotein.

Diese Erhöhung der biologischen Wertigkeit von Hefeprotein durch Methionin-Zusatz konnte auch von anderen Autoren bestätigt werden. So wurde die biologische Wertigkeit einer Gasölhefe unbekannter Herkunft durch DL-Methioninergänzung in Höhe von 3 bzw. 5 % des Hefeproteins von 54 auf 89 bzw. 93 angehoben (8). Eine in ihrem Ausmaß ähnliche Verbesserung wird auch von SCHILLER et al. (1972) für 3 Gasöl-Hefen und 2 Paraffinhefen angegeben. Für eine mit 0,2 bzw. 0,4 % der Ration DL-Methionin-ergänzte n-Paraffin-Hefe wurde die biologische Wertigkeit mit 94,8 bzw. 95,1 ermittelt (ohne Methionin-Zusatz: 80,1). Eine zum Vergleich herangezogene Fischmehlprobe schnitt dagegen mit nur 85,4 biologischer Wertigkeit deutlich schlechter ab.

PALMER und SMITH (1971) prüften die Proteinwertigkeit verschiedener auf Kohlenwasserstoffen gezüchteter Hefen- und Bakterien-Biomassen, indem sie die genannten Eiweißkonzentrate als alleinige Proteinquellen in Rattendiäten verwendeten. Die biologische Wertigkeit der Hefeproteine wurde im Mittel mit 58 gemessen und konnte durch Ergänzung mit 0,9 % L-Methionin vom Rohprotein auf durchschnittlich 80 verbessert werden.

Eine weitere Hefegruppe wurde zusätzlich mit der doppelten Methionin-Ergänzung (1,8 % vom Protein) geführt. Die biologische Wertigkeit konnte im Vergleich zu der mit 0,9 % Methionin supplementierten Gruppe um weitere 8 Einheiten von 79 auf 87 angehoben werden.

Alle vorliegenden Untersuchungen über die biologische Wertigkeit von Hefeprotein lassen den einen Schluß zu, daß die an sich geringe Wertigkeit dieser Proteine allein durch eine richtig gewählte Methionin-Ergänzung auf einen brauchbaren Mittelwert angehoben werden kann. Der Wert von Hefeprotein kann demnach direkt mit dem von Sojaprotein und auch von Casein verglichen werden, die beide ebenfalls nur nach Methionin-Zusatz optimale Werte erreichen.

Die biologische Wertigkeit informiert ausschließlich über die Güte des resorbierten Proteins. Sie kann deshalb nur zu Vergleichen von Proteinen mit annähernd identischen Verdaulichkeitskoeffizienten herangezogen werden, wenn die Protein-Versorgung eines Tieres beurteilt werden soll. Generell besser geeignet zur Einschätzung des "verfügbaren Baustein-Proteins" ist die Nettoprotein-Utilisation (NPU), die als Produkt von biologischer Wertigkeit und wahrer Verdaulichkeit gebildet wird. Die NPU gibt letztlich an, wieviel g Körpereiweiß (in der Regel Ratten-Körpereiweiß) aus 100 g Rohprotein eines Futtermittels gebildet werden können. Da die Verdauungsquotienten für Lavera- und Toprina-Protein im Normbereich anderer Eiweißfuttermittel liegen, ergibt sich aus der Einbeziehung der NPU keine wesentlich abweichende Einschätzung des Alkan-Hefen-Proteinwertes als bei alleiniger Berücksichtigung der biologischen Wertigkeit. Dennoch muß die NPU als der praxisnähere Ausdruck des Futterwertes der Proteinfraktion eines Futtermittels gelten.

Die NPU von Lavera- bzw. Toprina-Protein wird von SHACKLADY und GATUMEL (1972) mit 50 bzw. 59 angegeben. Methionin-Zusatz führte zu einer Steigerung der NPU auf 91 bzw. 88. Die NPU ebenfalls methionin-ergänzter Trockenmagermilch- bzw. Eipulverproben wurde von denselben Untersuchern mit 87 bzw. 97 ermittelt.

Anhand einer Mischung von Mais- und Laveraprotein im Verhältnis 1:1 (= 87 Gewichtsprozent Mais + 13 Gewichtsprozent Laverahefe) konnte die Ergänzungswirkung von lysinarmem Getreideprotein und methioninarmem, lysinreichem Hefeprotein aufgezeigt werden. Während die NPU für beide Proteinquellen mit 50 ermittelt wurde, konnte für die Mais-Lavera-Mischung eine NPU von 70 errechnet werden. Methionin dürfte als (erste) limitierende Aminosäure dieser Proteinmischung angesprochen werden.

Die NPU-Daten von SCHILLER und Mitarb. (1972), BOCK et al. (1972) sowie PALMER und SMITH (1972) zeigen dieselben Gesetzmäßigkeiten hinsichtlich Korrelation zur biologischen Wertigkeit und Anhebung der NPU durch Methioninzusatz auf wie die vorgenannte Untersuchung.

Auf eine detaillierte Wiedergabe der Einzelhefunde wird deshalb an dieser Stelle verzichtet.

PALMER und SMITH (1972) weisen auf die Verfälschung des NPU-Wertes durch den Nucleinsäuren-Stickstoff-Anteil der Hefe-Rohproteinfraktion hin. Da diese N-Fraktion von der Ratte nahezu quantitativ resorbiert (43), andererseits aber in erhöhtem Maße über den Harn wieder ausgeschieden wird, resultiert aus hohen Purin-N-Konzentrationen eine Depression der NPU. So ermittelten PALMER und SMITH bei einer Hefeprobe, deren Nucleinsäure-N 14,2 % des Gesamt-Stickstoffs ausmachte, nach Methionin-Ergänzung von 0,3; 0,6 bzw. 0,9 % des Proteins eine NPU von 69, 73 bzw. 75. Die entsprechenden Werte nach Nucleinsäure-N-Korrektur wurden mit 80, 85 bzw. 87 angegeben.

2.2.1.2 Energiegehalt der Alkan-Hefen

Sowohl für die Fütterungspraxis als auch für Planung und Auswertung wissenschaftlicher Fütterungsversuche ist es notwendig, Kenntnis vom Energiegehalt einer Futterkomponente zu erlangen. Ohne die entsprechenden Daten ist es nicht möglich, z.B. isokalorische Diäten zusammenzusetzen oder etwaige Gewichtsverbesserungen oder Futtereinsparungen pro Gewichtszunahmeeinheit von Versuchstieren richtig zu interpretieren.

Aus diesem Grunde wurden relativ früh (1966) schon Untersuchungen über den Energiegehalt der Erdölhefen Lavera und Toprina durchgeführt. Da die ersten größeren Versuche an Küken stattfinden sollten, wurden von v. WEERDEN 1966 bzw. 1967 Versuche zur Bestimmung der umsetzbaren Energie (U.E.) von Lavera- bzw. Toprina-Hefe an Küken durchgeführt.

Für beide Hefetypen wurden in diesen Versuchen Werte von ca. 2550 kcal U.E./kg Hefe ermittelt.

Da das von BP entwickelte Produktionsverfahren zu dieser Zeit noch in den Anfängen stand und in der folgenden Zeit in Richtung einer Verbesserung der Hefequalität konsequent weiterentwickelt wurde, mußte später eine Überprüfung der 1966/67 gewonnenen Daten vorgenommen werden.

V. WEERDEN (1969) prüfte an 3 x 4 x 10 Cornish Plymouth Rock - Küken im Alter von 2 und 6 Wochen die umsetzbare Energie von Lavera- bzw. Toprina-Hefe. Er verwendete eine Basalration (Gerste-Reis-Soja-Fischmehl) und zwei Rationen mit Hefeanteilen von 15 bzw. 30 %. Der Rohproteingehalt betrug 13,6; 21 bzw. 28,4 %, die Bruttoenergie 3845, 3996 bzw. 4138 kcal/kg Futter.

Die umsetzbare Energie der Rationen wurde aus der Differenz zwischen dem Bruttoenergiegehalt des Futters und von Faeces + Harn berechnet und auf N-Gleichgewicht (0 g N-Retention) korrigiert.

$$UE \text{ kcal/kg Futter} = E_F - (E_E + 8,73 \cdot N)$$

E_F = Bruttoenergie des Futters

E_E = Bruttoenergie der aus 1 kg Futter resultierenden Faeces + Harnmenge (kcal)

N = retinierter Stickstoff aus 1 kg Futter(g)

8,73 = Bruttoenergie (kcal) nach v. WEERDEN von 1 g N aus Harn-N.

Die Daten für die umsetzbare Energie der Hefen wurden aus den Energiegehalten der drei Rationen durch Extrapolation einer Regressionsgeraden bis zum angenommenen Hefeanteil von 100 % errechnet.

Für Lavera wurden in zwei Versuchsperioden (Tieralter 2,5 bzw. 5,5 Wochen) Werte von 2422 bzw. 2546 kcal U.E./kg Hefe errechnet (Mittelwert 2485 kcal/kg). Für Toprina beliefen sich die korrespondierenden Werte (Tieralter von 3,5 bzw. 5,5 Wochen) auf 2957 bzw. 3145 kcal U.E./kg Hefemasse (Mittelwert 3050 kcal/kg). Mit zunehmendem Alter war die Ausnutzung der Hefe-Bruttoenergie verbessert. Dieselbe Tendenz konnte (siehe 2.2.1) für die Verdaulichkeitsquotienten der Organischen Substanz, der Rohproteinfraktion und - bei Toprina-Hefe - des Rohfettanteils festgestellt werden.

Es darf deshalb vermutet werden, daß die mit dem Alter korrespondierende Erhöhung des U.E.-Wertes von Hefe eine Folge der besseren Rohnährstoffverdaulichkeit darstellt und dadurch eine Anhebung des Zahlenwertes für die verdauliche Energie bewirkt.

Die Bruttoenergie für die Hefen Lavera und Toprina wurde mit 4600 bzw. 4993 kcal/kg bestimmt. Die Bruttoenergie der Lavera-Hefe wurde zu 54 % umgesetzt, die Umsetzbarkeit^{+) der Toprina-Bruttoenergie betrug 61 %.}

SHANNON und McNAB (1972), die den verdaulichen und umsetzbaren Energiegehalt der Toprina-Hefe an colostomierten Legehennen ermittelten, fanden eine Umsetzbarkeit der Bruttoenergie (4911 kcal/kg) von nur 55 %. Sie konnten eine umsetzbare Energie, korrigiert auf N-Gleichgewicht, von 2716 kcal/kg Toprina-Hefe errechnen. Dieselben Autoren beziffern die verdauliche Energie der Toprina-Hefe (quantitative Kotsammlung) auf 3671 kcal/kg. Mit der Indikator-methode (Cr_2O_5) wurden dagegen 4055 errechnet.

Der Unterschied in den Angaben der umsetzbaren Energie der Toprina-Hefe zwischen den genannten Arbeitsgruppen überrascht. Bei etwa gleichem Fettgehalt der Hefeproben (7,2 % v. WEERDEN, 8,0 % SHANNON und McNAB) hätte eine bessere Vergleichbarkeit beider Werte (3050 kcal U.E./kg, v. WEERDEN; 2716 kcal U.E./kg, SHANNON und McNAB) erwartet werden dürfen, zumal die Bruttoenergiegehalte (4993 bzw. 4911 kcal/kg) nur um 1,7 % auseinanderlagen.

2.2 Toxikologische Aspekte der Alkan-Hefen

Konventionelle, d.h. seit längerer Zeit gebräuchliche und "normal erzeugte" Futtermittel wurden in der Vergangenheit niemals einer toxikologischen Prüfung unterzogen, wie sie beispielsweise heute für alle Futterzusatzstoffe verlangt und auch durchgeführt wird.

Für unkonventionelle Futtermittel wie Alkan-Hefen stellt sich dagegen die Notwendigkeit einer toxikologischen Prüfung, da z.Zt. möglicherweise nicht alle abträglichen oder gar toxischen

^{+) Umsetzbare Energie in Prozent der Bruttoenergie (KLEIBER 1967).}

Inhaltsstoffe eines solchen Futtermittels bekannt und auch analytisch erfaßbar sein dürften. Diese Vorsicht gilt umso mehr, als auch für die Alkan-Hefen unsere Haus- und Nutztiere nicht als einzige Zielgruppe für die Hefeverwendung angesprochen werden können. Es wird vielmehr offen angestrebt, als eine Art Langzeitziel die Alkan-Hefen auch in die menschliche Nahrung einzuführen.

Die toxikologische Prüfung von Nahrungskomponenten, d.h. Bestandteilen der Gesamtration, gestaltet sich weit schwieriger als etwa gleichartige Untersuchungen über Futterzusatzstoffe, die beispielsweise zur Erfassung der LD_{50} oder der subakuten Toxizität nahezu beliebig, d.h. zumindest in einer Menge, welche den beabsichtigten Zusatz um den Faktor $10^2 - 10^3$ übersteigt, dosiert werden können. Ein gleiches Vorgehen ist für Hefe nicht anwendbar. Zudem wird mit jeder nennenswerten Erhöhung des Hefeanteils in der Prüfration auch deren Rohnährstoffgehalt, d.h. deren ernährungsphysiologische Adäquanz, geändert, ohne daß diese etwa durch Substitution von Wirkstoffen korrigiert werden könnte.

Für die Gasölhefen ergibt sich ein zusätzliches Problem. Während die n-Paraffin-Hefen auf gereinigten Paraffinen wachsen, die den Ansprüchen der British Pharmacopoeia (entspricht etwa unserem DAB) für den medizinischen Gebrauch genügen, verbleibt in den Gasölhefen nach Paraffin-Oxydation ein Rohölrest, der durch einen gesonderten Extraktionsgang entfernt werden muß. Es wäre unrealistisch anzunehmen, daß dieser Extraktionsvorgang die Rohölreste zu 100 % entfernt. Mit dem Verbleiben kleinerer, eventuell sogar wechselnder Reste an Rohöl (mit seinen abhängig vom Ölsprungsland variablen Verunreinigungen) in Gasölhefe muß gerechnet werden, obwohl dieser Bestandteil (Verunreinigung) quantitativ im einzelnen nicht bekannt ist.

Im Centraal Instituut voor Voedingsonderzoek (Zentralinstitut für Ernährungsforschung) TNO in Zeist (Holland) wurden die entsprechenden toxikologischen Untersuchungen durchgeführt. Im einzelnen wurden folgende Versuche angestellt:

Screening Versuche (40 % Hefe in der Ration) an Ratten über
6 Wochen

Subchronische Toxizität (90 Tage-Rattenversuche mit 10, 20
und 30 % Hefe im Futter)

Chronische Toxizitätsstudie (2 Jahres-Versuch an Ratten mit
10, 20 und 30 % Hefe im Futter)

Carzinogenitäts-Tests (2 Jahres-Studie an Ratten, 1 1/2 Jahres-Studie an Mäusen; 10, 20 und 30 % Hefe in der Ration)

Reproduktionsversuche an Ratten (P-, F_{1a}-, F_{1b}-, F_{2a}-, F_{2b}-, F_{3a}- und F_{3b}-Generationen; 10, 20 und 30 % Hefe im Rattenfutter) und japanischen Wachtelküken (insgesamt 13 Generationen; 30 % Hefe im Wachtelfutter)

Stichprobenartige Organ- und Gewebeexamination bei Geflügel und Schweinen aus Fütterungsversuchen des Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek van biochemische Producten, Wageningen (Holland)

Teratogenitätsstudien an Ratten (10, 20 und 30 % Hefe in der Ration)

Mutagenitätsuntersuchungen an Ratten (60 % Hefe in der Ration).

Die genannten Untersuchungen sind von De GROOT und Mitarb. (1970a, 1970b, 1971) sowie ENGEL (1972) publiziert worden. Sie entsprechen in der Durchführung weitgehend den heute gültigen Richtlinien der Protein Advisory Group of the United Nation System zur Prüfung von Single Cell Protein (SCP).

SHACKLADY (1972) gibt an, daß bis 1972 insgesamt über 800 Hefeproben in derartigen Toxizitätsversuchen verwendet wurden. Mehr als 50.000 Ratten und Mäuse standen in diesen Experimenten. Die Zahl der histologischen Examinationen belief sich auf über 100.000.

Aus allen angefallenen Daten konnte keine Schlußfolgerung auf eine eventuelle Gefährdung des Hefe-Konsumenten Nutztier gezogen werden. Diese Feststellung gilt für beide Alkan-Hefetypen bis zu einer Konzentration von 30 % im Mischfutter.

2.3 Praktische Erprobung der Alkan-Hefen in der Tierernährung

2.3.1 Mastgeflügel

1966 berichtet van WEERDEN über einen ersten Geflügelmastversuch an insgesamt 270 Starbro-Hennenküken, der über 8 Wochen (6.VII.-31.VIII.1965) in Käfighaltung durchgeführt wurde.

Auf der Basis handelsüblicher Rationen (Mais, Hirse, Soja, Fischmehl, 23 % RP 1.-5. Woche, 6.-8. Woche: 20 % RP) wurde n-Paraffinhefe proteinäquivalent zu Lasten einer Mischung von Fischmehl und Sojaschrot eingesetzt.

Gruppe (1) erhielt Kontrollfutter ohne Hefe. In Gruppe (2) wurden 7,5 % Toprina-Hefe gegen 5 % Fischmehl und 1,3 % Sojaschrot ausgetauscht. Die Reduzierung des Rohproteinanteils der Futtermischung in der 2. Versuchsperiode (6.-8. Woche) erfolgte durch Verringerung des Fischmehl- und Sojaanteils um 2,5 bzw. 3,7%. In Versuchsgruppe (3) wurden 15 % Toprina-Hefe eingesetzt. Die Fischmehl- bzw. Soja-Konzentration dieser Ration war gegenüber dem Kontrollfutter im 1. (2.) Versuchsabschnitt von 10 (7,5)% auf 2,5 % bzw. von 18,8 (15)% auf 12,5 (5,0)% erniedrigt. Die Heferationen (2) und (3) waren im ersten (zweiten) Versuchsabschnitt mit 0,06 (0,06) bzw. 0,08 (0,06)% DL-Methionin supplementiert. Alle Rationen enthielten 10 ppm OTC.

Die Rationen konnten nicht isokalorisch gestaltet werden, da zur Zeit des Experimentes noch keine entsprechenden Daten für Toprina-Hefe vorlagen.

Über die Ergebnisse unterrichtet Tab. 10.

Tab. 10

7,5 und 15 % Toprina-Hefe in Broilerrationen

250 Starbro-Küken (♀), 8 Wochen Versuchsdauer

Ration	(1)	(2)	(3)
Tierzahl	6x15	6x15	6x15
Fischmehl (%)	10/7,5	5/2,5	2,5/2,5
Sojaschrot (%)	18,8/15	17,5/13,8	12,5/5,0
n-Paraffinhefe (%)	-	7,5	15,0
5-Wo.-Körpergewichte(g)	694	687	674 ¹⁾
Relativ	(100)	(99)	(97)
8-Wo.-Körpergewichte(g)	1387	1360	1330 ²⁾
Relativ	(100)	(98)	(96)
5-Wo.-Futtermverwertung	1,81	1,81	1,82
Relativ	(100)	(100)	(101)
8-W.-Futtermverwertung	2,28	2,20	2,18
Relativ	(100)	(98)	(96)

1) mit $P < 0,05$ vom Kontrollwert verschieden

2) mit $P < 0,01$ vom Kontrollwert verschieden

Bereits nach 5 Versuchswochen tritt mit steigenden Hefeanteilen in der Ration eine Tendenz zur Gewichtsdepression auf. In der 15 % Hefe-Gruppe wurde mit 674 g ein um 3 % geringeres 5 Wochen-Körpergewicht gemessen als in der Kontrollgruppe. Diese Entwicklung hält bis Versuchsende an. 7,5 bzw. 15 % Hefe in der Ration hatten um 27 bzw. 57 g niedrigere Versuchsendgewichte als in der Kontrollgruppe zur Folge.

Es überrascht aber, daß trotz deutlich schlechterer Gewichts-entwicklung in den Hefe-Gruppen bessere Futterrohverwertungsdaten ermittelt wurden als in der Kontrollgruppe. Die hier verwendete Hefe-Charge war mit 11 % Rohfett relativ fettreich, so daß - trotz unbekannter Verdaulichkeit dieses Rohfettanteils - der Schluß auf eine höhere energetische Versorgung der Hefegruppen naheliegt.

Nach Versuchsende wurde das Lebergewicht der Tiere, bezogen auf Körpergewicht, festgestellt. Es schien die Tendenz zu höheren relativen Lebergewichten in den Hefegruppen vorhanden zu sein. Die Unterschiede waren aber statistisch nicht signifikant.

Später wurde Leber dieser Hühner an Ratten verfüttert. Zunahmen und Lebergewichte dieser Tiere wurden kontrolliert. Man konnte aber in keinem der beiden Parameter Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen und der Kontrollgruppe feststellen.

In einem 2. Versuch an Starbro-Broilern, den van WEERDEN (1969) mit einer anderen Toprina-Charge durchführte, war die Wachstumsdepression durch n-Paraffinhefe in höherer Konzentration nicht so deutlich ausgeprägt.

15 % bzw. 10 % Fischmehl, die nach 5 Mastwochen auf 10 % bzw. 7,5 % reduziert wurden, wurden gegen 15 % und 10 % Alkan-hefe^(n-ergänzt) ausgetauscht. Der Anteil der Hefe in der Ration wurde nach 5 Wochen ebenfalls von 15 auf 10 % bzw. von 10 auf 7,5 % verringert. Als Kontrollgruppe diente die 10/7,5 % Fischmehl-Gruppe.

Obwohl nach 3 Versuchswochen die Körpergewichte aller Hefegruppen deutlich über denen der Kontrollgruppe lagen, hatte die 15/10%

Hefegruppe bei Versuchsende, nach 7 1/2 Wochen, ihren Vorsprung vollständig eingebüßt. Es fällt bei diesem Versuch auf, daß auch Fischmehl in höherer Konzentration (15/10 %) die Wachstumsrate verringerte (1420 g 7,5 Wochengewicht gegenüber 1457 g in der 10/7,5 % Fischmehlgruppe).

Auch eine Erhöhung der DL-Methion-Ergänzung (von 0,13 auf 0,23% der Ration) in der 15/10 % Heferation erbrachte keine Änderung der Gewichtsentwicklung gegenüber der geringer methionin-versorgten Vergleichsgruppe.

Hier korrespondierte die Futterverwertung mit der Wachstumsrate. Die Versuchsrationen waren isokalorisch (ca. 3100 kcal U.E./kg) gestaltet. Geringere 7,5 Wochen-Gewichte waren mit einem erhöhten Futterverbrauch/Zunahmeeinheit verbunden.

Die Mortalitätsrate betrug durchschnittlich 4,6 %, ohne daß Unterschiede zwischen den Gruppen zu erkennen waren.

Bei einem Vergleich beider Hefetypen (Lavera und Toprina) mit einer 10 % Fischmehl-Kontrollration konnten van WEERDEN et al. (1970) feststellen, daß beide Hefen das Wachstum von Küken etwa in demselben Maße verringern, wenn ihr Anteil 15 % der Gesamtration beträgt. Über Versuchsanstellung und Ergebnisse informiert Tab. 11. Alle Heferationen waren DL-Methionin-ergänzt.

Tab. 11

Lavera- und Toprina-Hefe in Broilerrationen
Gewichtsentwicklung und Futterverwertung

540 Starbro-Küken (σ^7 : φ = 1:1), 5 Wochen Versuchsdauer						
Ration	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Tierzahl	6x15	6x15	6x15	6x15	6x15	6x15
Fischmehl (%)	10,0	2,5	-	-	2,5	-
Lavera-Hefe (%)	-	7,5	10,0	15,0	-	-
Toprina-Hefe (%)	-	-	-	-	7,5	15,0
3-Wo.-Körpergew. (g)	315	327	316	314	320	316
Relativ	(100)	(104)	(100)	(100)	(102)	(100)
5-Wo.-Körpergew. (g)	739	748	730	715	742	714
Relativ	(100)	(101)	(99)	(97)	(100)	(97)
5-Wo.-Futterverw.	1,79	1,80	1,81	1,86	1,81	1,80
Relativ	(100)	(101)	(101)	(104)	(101)	(101)

Das Körpergewicht der 15 % Hefe-Gruppen lag nach 5 Versuchswochen bei 97 % des Kontrollgruppengewichtes. Die Futterrohverwertung der 15 % Lavera-Gruppe war gegenüber der Fischmehl-Kontrollgruppe und allen anderen signifikant ($P < 0,05$) verschlechtert. Alle sonstigen Unterschiede in den Zunahmen und Futterverwertungen erreichten die Signifikanzschwelle nicht.

7,5 % Hefe im Futter ließen keinen nachteiligen Einfluß auf die Zunahmen der Tiere im Vergleich zur Kontrollgruppe (1) erkennen.

Unterschiede in der Futterverwertung waren nicht vorhanden. Erfahrungsgemäß treten mit der Gewichtsentwicklung korrespondierende Unterschiede in einem relativ frühen Wachstumsstadium wie der 5. Woche nicht so deutlich in Erscheinung wie nach 7 oder 8 Versuchswochen.

In diesem Versuch schien der Anteil verendeter und kümmernder Tiere in den 15 % Hefe-Rationen mit insgesamt 6,7 % gegenüber der Kontrollgruppe mit 1,1 % erhöht.

In einem weiteren Versuch über 7 1/2 Wochen Dauer verglichen dieselben Autoren Lavera-Hefe sowohl mit Fischmehl als auch mit Torula-Hefe (Sulfitablaugenhefe). Der Rohproteingehalt der proteinäquivalenten und isokalorischen (3100 kcal U.E./kg) Rationen wurde nach 5 Versuchswochen von 23 % auf 20 % reduziert. Dementsprechend wurde auch der Anteil der zu vergleichenden Komponenten Fischmehl, Lavera- und Torula-Hefe von 15 % auf 10 % bzw. von 10 % auf 7,5 % in der Ration verringert (Tab. 12).

In beiden Fischmehl-Gruppen wurde im Mittel mit 1633 g Körpergewicht nach 7,5 Versuchswochen das beste Wachstum gemessen. Es folgten die Lavera-Gruppen mit 1587 g sowie die Torula-Gruppen mit 1573 g. Dagegen wurden in den Lavera- und Torula-Gruppen mit 2,06 und 2,07 bzw. 2,05 und 2,06 g Futter/ g Zunahme bessere Rohverwertungsdaten erzielt als in den Fischmehl-Gruppen mit 2,09 bzw. 2,12 g Futter/ g Zunahme.

Tab. 12

Vergleich von Fischmehl, Lavera- und Torula-Hefe
7,5 Wochen-Gewichtsentwicklung und Futterverwertung
540 Starbro-Küken (σ^7 : φ = 1 : 1)

Versuchsration	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Vergleich	Fischmehl		Lavera-Hefe		Torula-Hefe	
% der Ration	10/7,5	15/10	10/7,5	15/10	10/7,5	15/10
Tierzahl	6x15	6x15	6x15	6x15	6x15	6x15
Körpergewicht (g) ¹⁾	1640 ^a	1626 ^{ab}	1594 ^{abc}	1580 ^{bc}	1584 ^{bc}	1561 ^c
Relativ	(100)	(99)	(97)	(96)	(97)	(95)
g Futter/g Zunahme	2,09	2,12	2,06	2,07	2,05	2,06
Relativ	(100)	(101)	(99)	(99)	(98)	(99)

1) Werte mit unterschiedlichen Buchstaben-Indices sind signifikant ($P < 0,05$) voneinander verschieden.

Bei Verwendung der höheren Fischmehl- und Hefe-Konzentration (15/10 %) im Futter wurden durchgehend schlechtere Ergebnisse erzielt als nach Einmischung von nur 10/7,5 % der gleichen Komponenten (1583 : 1606 g Körpergewicht, 2,08 : 2,07 g Futter/g Zunahme).

SHANNON und McNAB⁽¹⁹⁷²⁾ versetzten in Broilerrationen mit 21 % RP 20 % Heringsmehl schrittweise durch 5, 10 bzw. 20 % Toprina-Hefe. Da für Toprina-Hefe mit einem etwas höheren Proteingehalt bei Erstellung der Rezeptur gerechnet wurde als tatsächlich vorhanden, wiesen die isokalorischen Versuchsrationen mit steigendem Hefeanteil eine fallende Rohproteinkonzentration aus (Rationen mit 0 bzw. 20 % Toprina: 21,8 bzw. 18 % RP analytisch bestimmt).

Zwischen den Gruppen mit 0, 5 und 10 % Toprina-Hefe in der Ration wurden nach 4 Versuchswochen keine Unterschiede im Wachstum ermittelt (durchschnittliches 4 Wochen-Gewicht: 776 g). Allein die Futterverwertung der 10 % Hefe-Gruppe war mit 1,62 g Futter/g Zunahme unter Kontrollgruppenniveau (1,55) abgesunken ($P < 0,05$). Noch ungünstiger war die Futterverwertung der 20 % Toprina-Gruppe mit 1,81 g Futter/g Zunahme ausgefallen. Auch das 4 Wochen-Gewicht

dieser Gruppe unterschied sich signifikant ($P < 0,05$) von den 3 anderen Versuchsgruppen. Die Autoren diskutieren, ob der in dieser Ration geringere Rohproteingehalt für die aufgetretene Leistungsdepression verantwortlich gemacht werden könne.

In einem 2. Experiment derselben Autoren wurden Mastküken über die ersten 4 Lebenswochen gleich gefüttert, anschließend erhielten 4 Versuchsgruppen proteinäquivalente, isokalorische Rationen (lysin- und methionin-ergänzt), in denen 5, 10 bzw. 20 % Toprina-Hefe gegen unterschiedliche Anteile von Heringsmehl (0 - 3 %) und Sojaschrot ausgetauscht worden waren. Nach weiteren 4 Wochen (8 Lebenswochen) wurden keine Unterschiede hinsichtlich Wachstum und Futtermittelverwertung zwischen den Gruppen festgestellt.

LABIB und HEWITT (1973) prüften Toprina-Hefe in Broilerrationen mit suboptimalem Proteingehalt (18 %). 1 Woche alte Küken erhielten die Versuchsrationen über 3 Wochen. Als Kontrollfutter diente eine Standard-Diät, deren Komponenten in der Hauptsache aus Getreide (Mais, Hafer, Weizen), Sojaschrot und Fischmehl bestanden. In der Versuchsration waren Getreide (Mais, Hafer, Weizen) und n-Paraffinhefe enthalten.

Die Tiere der Soja-Fischmehl-Ration (16 % Sojaschrot, 7 % Fischmehl) konnten in drei Versuchswochen ihr Körpergewicht um 458 g verbessern, während in der Hefe-Gruppe (19 % Hefe) nur 281 g Zunahme gemessen wurden. Durch einen Methionin-Zusatz von 0,2 % zur Hefe-Ration konnte das Wachstum nur um weitere 21 g angehoben werden. Auch eine weiter erhöhte Methioninzufuhr sowie Ergänzungen des Futters mit Lysin, Arginin oder Glykokoll verbesserten die Zunahmerate nicht.

Auf der Suche nach den Ursachen der Wachstumsdepression durch die Paraffinhefe setzten die Untersucher der Soja-Fischmehl-Diät unter Wahrung der Rohproteinäquivalenz 1,9 % standardisierte Hefe-RNS zu und verglichen sie wiederum mit der schon erwähnten Heferation und der Standard-Diät ohne RNS-Zusatz.

Durch die Ribonucleinsäuren wurde das Wachstum der Soja-Fisch-

mehl-Tiere nach einer Woche geringgradig unterdrückt, nach 3 Wochen resultierte eine signifikante Wachstumsdepression, wie sie allerdings in der Hefegruppe schon nach einer Woche beobachtet werden konnte.

In angeschlossenen Experimenten wurden Hefekonzentrationen bis 16,5 % ohne Andeutung einer Wachstumsdepression verwendet. Auch aus der Tschechoslowakei und Japan liegen Fütterungsversuche mit Gasöl- und n-Paraffinhefe, allerdings anderer Provenienz, vor. Die Rohnährstoffkonzentrationen dürften sich grundsätzlich von den entsprechenden Werten der Alkan-Hefen (BP) nicht unterscheiden. Über die Art der Produktion dieser Hefen liegen allerdings nur lückenhafte Informationen vor. Dennoch soll auf die Wiedergabe ausgewählter Untersuchungen nicht verzichtet werden. Es wird aber bereits an dieser Stelle darauf verwiesen, daß die Ergebnisse mit den für Alkan-Hefen erhaltenen Daten nur bedingt verglichen werden können.

OTUKA und MITA (41) berichteten auf dem 14. Weltgeflügel-Kongreß in Madrid über Versuche mit n-Paraffin-Hefen japanischer Produktion an Broilern. Mit Hilfe einer halbgereinigten Basaldiät wurde der Austausch von Sojaschrot durch n-Paraffinhefen in seinen Auswirkungen auf das Wachstum von Broilerküken untersucht.

Von 40,4 % Sojaschrot der Ration wurden 20 % durch 3 Typen von n-Paraffinhefen ersetzt, die sich ihrerseits in Verdaulichkeit, Rohproteingehalt, Aminosäurezusammensetzung und Energiegehalt geringfügig unterschieden. Der Versuchszeitraum erstreckte sich über 6 Wochen. Sämtliche Rationen, einschließlich der Sojakontrollration, waren für die Fütterungsperiode von 1. - 3. Woche mit 0,2 %, für die Zeit 4. - 6. Woche mit 0,15 % DL-Methionin supplementiert.

Nach 6 Wochen wurden in der Sojakontrollgruppe 836 g/Tier gemessen. Das Durchschnittsgewicht in den drei Hefegruppen betrug 766 g. Diesen Körpergewichtsangaben entsprachen Futterverwertungsdaten von 1,86 in der Sojagruppe bzw. 1,99 g Futter/g Zunahme in den Hefegruppen. Diese Differenzen waren jedoch nicht signifikant.

Deutlichere (signifikante) Unterschiede erhielten dieselben Untersucher in einem weiteren Experiment, in dem Soja und Fischmehl gegen n-Paraffinhefen ausgetauscht wurden. Die Ergebnisse sind in Tab. 13 wiedergegeben.

Tab. 13

Japanische n-Paraffinhefe in Broilerrationen					
Versuchsanlage und Ergebnisse					
Versuchsgruppen	(1)	(2)	(3)	(4)	
4. Wo-	Sojaschrot (%)	26	22	18	10
% RP)	Fischmehl (%)	8	7	6	4
	n-Paraffinhefe (%)	-	5	10	20
	DL-Methionin	0,2	0,2	0,2	0,2
8. Wo-	Sojaschrot (%)	22	18	14	6
% RP)	Fischmehl (%)	7	6	5	3
	n-Paraffinhefe (%)	-	5	10	20
	DL-Methionin	0,2	0,2	0,2	0,2
Körpergewicht (g)					
4. Woche		633	638	641	606
Relativ		(100)	(101)	(101)	(96)
8. Woche		1719	1708	1657	1641
Relativ		(100)	(99)	(96)	(95)
g Futter/g Zunahme					
8. Woche		2,21	2,20	2,22	2,22
Relativ		(100)	(100)	(100)	(100)

Nach 8 Versuchswochen konnte gezeigt werden, daß eine Erhöhung der Hefekonzentration mit einer Wachstumsdepression korreliert war, wobei die Anhebung des Hefegehalts von 5 auf 10 % im Futter die deutlichste Wirkung hinterließ (von 1708 g auf 1657 g 8 Wochen-Gewicht). Das Einmischen von weiteren 10 % Hefe (= 20 % der Ration) verringerte das Durchschnittsgewicht zwar nochmals um 16 g. Diese Gewichtsdepression war aber relativ gering ausgefallen, verglichen mit 51 g Gewichts Differenz zwischen den Gruppen mit 5 und 10 % Hefe. Mit 5 % n-Alkan-Hefe im Futter

wurde das Kontrollgruppenniveau gehalten.

Die Tiere der Hefegruppen nahmen mit steigender Hefekonzentration signifikant weniger Futter auf. Die Futterverwertungsdaten unterschieden sich deshalb in allen 4 Gruppen kaum voneinander.

DUBEN und Mitarb. (1968) verglichen Gasöl- und n-Paraffinhefen tschechischer Herkunft mit Melassehefe. Die Trockenhefen wurden mit jeweils 3, 6 und 10 % in die Mastgeflügelrationen eingemischt. Die Versuchsdauer betrug 10 Wochen.

Neben einer Vielzahl toxikologisch interessanter Parameter (Organ-
gewichte, Serum-Albumin- und -Globulingehalt, Körperzusammen-
setzung, Hämoglobin, Blutbild, Serumelektrophorese jeweils nach
4, 7 und 10 Versuchswochen) wurde auch die Gewichtsentwicklung
(nicht dagegen die Futterverwertung) erfaßt.

Die Ergebnisse sind in Tab. 14 zusammengefaßt.

Tab. 14

<u>Dieselöl und n-Paraffinhefen im Vergleich zu</u>				
<u>Melassehefen</u>				
10 Wochen Versuchsdauer, Relativzahlen in Klammern				
Hefekonzentration (%)		3	6	10
4 Wochen-Körpergewicht(g)				
Versuch I	Melasse-Hefe	429 (100)	451(105)	432(101)
	Dieselöl-Hefe	437(102)	406(95)	299 ¹⁾ (70)
Versuch II	Melasse-Hefe	462(100)	477(103)	468(101)
	n-Paraffin-Hefe	417(90)	403(87)	416(90)
- - - - -				
10 Wochen-Körpergewicht (g)				
Versuch I	Melasse-Hefe	1517(100)	1467(97)	1655(109)
	Dieselöl-Hefe	1516(100)	1580(104)	1038 ¹⁾ (68)
Versuch II	Melasse-Hefe	1301(100)	1409(108)	1374(106)
	n-Paraffin-Hefe	1331(102)	1420(109)	1425(110)

1) signifikanter Unterschied zur Melassehefe-Gruppe

Die starke Wachstumsdepression, die bei Verwendung von 10 % Dieselöl-Hefe nach 4 und 10 Versuchswochen erhalten wurde, fällt besonders ins Auge. Ansonsten sind die weiteren Ergebnisse dem Einfluß einer Hefe-Konzentration oder Hefe-Art nur schwer zuzuordnen mit der Ausnahme, daß für n-Paraffin-Hefen durchweg schlechtere Wachstumsdaten als in den Melasse-Hefe-Gruppen gemessen wurden.

Damit zeichnet sich zumindest für die Alkan-Hefen Lavera und Toprina ein relativ günstiges Bild in der Mastgeflügelernährung ab. Diese Feststellung gilt nicht in demselben Ausmaß für andere Hefen, die auf denselben Substraten gezüchtet wurden. Dieser Eindruck einer doch relativ unterschiedlichen Hefequalität, abhängig von der Herkunft des Produktes, wird bestätigt durch Untersuchungen von SCHILLER et al. (1972) sowie OTUKA und Mitarb. (1970) über die biologische Wertigkeit verschiedener Gasöl- bzw. n-Paraffin-Hefen (siehe auch Kapitel 2.2.1).

5 und 10 % Lavera- oder Toprina-Hefen in Broilerrationen wurden offensichtlich gut vertragen und genutzt. Dabei fällt auf, daß in verschiedenen Experimenten an Broilern (53 , 71) und Puten (29) mit 5 - 7,5 % Hefe geringfügig bessere Ergebnisse erhalten wurden als in der Kontrollgruppe. Eine Erklärung hierfür wird von den Autoren nicht gegeben, eine Art UGF-Wirkung wird nicht ausgeschlossen (69). 15 - 20 % Alkan-Hefen führten ebenso wie andere Kohlenwasserstoff-Hefen in der Regel zu Wachstumsdepressionen, die besonders in der ersten Masthälfte ausgeprägt waren. Bei dieser Hefe-Konzentration entfallen ca. 45 - 55 % des Rationsproteins auf Hefeprotein.

2.3.2 Legehennen

Über die Ergebnisse eines ersten Legehennen-Versuchs von 32 Wochen Dauer berichtete SHACKLADY 1967 auf der 2. Internationalen Konferenz für weltweite Auswirkungen der angewandten Mikrobiologie in Addis Abeba. An je 12 x 16 Legehennen (Plymouth Rock) einer Broilerrasse wurden 4 verschiedene Rationen verfüttert. In zwei Basalrationen (Mais-, Gerste-, Hafer-, Fischmehl-, Sojaschrot-

Mischung, ca. 2600 kcal U.E./kg Futter) mit 16 bzw. 20 % Rationsprotein waren 10 bzw. 20 % Gasölhefe im Austausch gegen eine Mischung von Fischmehl und Sojaschrot (7 % Fischmehl und 4 % Sojaschrot bei 10 % Gasölhefe, 10 % Fischmehl und 12,5 % Sojaschrot bei 20 % Hefe) eingemischt. Die Ergebnisse sind in Tab. 15 wiedergegeben.

Tab. 15

Fischmehl- und Lavera-Heferationen bei Legehennen
32 Wochen-Leistung

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)
Rohprotein (%)	16	16	20	20
Lavera-Hefe (%)	-	10	-	20
Tierzahl	12x16	12x16	12x16	12x16
Legeleistung (%)	60,9	61,7	62,6	58,3
Relativ	(100)	(100)	(100)	(93)
Eigewicht (g)	59,1	58,1 ⁺	58,1	57,1
Relativ	(100)	(98)	(100)	(98)
kg Eimasse/100 Tage	3,60	3,58	3,64	3,33
Relativ	(100)	(99)	(100)	(92)
kg Futtermittelverbrauch/ kg Eimasse	3,93	3,95	3,93	4,21
Relativ	(100)	(101)	(100)	(107)

+) signifikant zu (1) mit $P < 0,05$

Hinsichtlich der Legeleistung (prozentual und in kg Eimasse/100 Tage ausgedrückt) ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Hefegruppen und den jeweiligen Kontrollgruppen. Die prozentuale Legeleistung der 20 % Lavera-Gruppe lag allerdings um 7 % unter dem korrespondierenden Kontrollgruppenwert. In demselben Ausmaß (7 %) war auch der Futtermittelverzehr dieser Gruppe/kg Eimasse mit 4,21 kg erhöht (Kontrollgruppe: 3,93 kg).

Während der Legeperiode wurden je 50 % der Hennen jeder Versuchsgruppe mit Samen von Hähnen (Cornish Rock) der 20 % RP-Gruppen mit bzw. ohne 20 % Gasölhefe in der Ration besamt. Dabei lag

die Befruchtungsrate mit Samen der Gasöhlhefe-Gruppe (82 %) deutlich unter dem Wert der Vergleichsgruppe (88 %). Die Schlupffähigkeit der befruchteten Eier war mit 87 % für alle Gruppen und Gruppierungen gleich.

Die 8 verschiedenen F_1 -Generationen unterschieden sich bei gleichem (Kontroll-)Futter in 5 Wochen Versuchsdauer hinsichtlich Wachstum, Futterverwertung und Mortalität nicht voneinander.

Ein weiterer Versuch, in dessen Verlauf die Ergebnisse der Aufzucht- und Legeperiode von Eltern- sowie F_1 -Generation (Rhode Island Reds) registriert worden waren, wurde von E.J. van WEERDEN et al. auf dem 8. Internationalen Ernährungskongreß (Prag, 1969) berichtet. Als Versuchstiere dienten Rhode Island Red-Eintagsküken.

In der Aufzuchtperiode wurde eine Mais-Gerste-Hafer-Hirse-Fischmehl-Basalration, in der Legeperiode eine Mais-Gerste-Hafer-Soja-Fischmehl-Basalration verwendet. Der Energiegehalt der Rationen lag zwischen 2800 - 2900 kcal U.E./kg. Alle Heferationen waren mit DL-Methionin ergänzt, so daß ein Methionin- + Cystin-Gehalt von 3,8 % des Rationsproteins resultierte.

Wieder wurden in 2 Proteinkonzentrationen (16 bzw. 21% in der Legeperiode) 10 bzw. 20 % Lavera-Hefe geprüft. Über Einzelheiten der Versuchsanstellung sowie die Ergebnisse der P-Generation unterrichtet Tab. 16.

In Gruppe (3) ging in der 8. Aufzuchtwoche die Futteraufnahme zurück. Die Gründe hierfür werden in der Fischmehlqualität und/oder -quantität (15 % der Futtermischung) vermutet. Daraufhin wurden in allen 4 Gruppen für 7 Tage 30 % der Gesamtration durch eine Magermilchpulver-Mais-Mischung ersetzt. Gruppe (3) schien sich bis zur 12. Aufzuchtwoche wieder erholt zu haben. Allerdings sank in dieser Gruppe auch die Legeleistung nach 8 Legemonaten aus unbekannten Gründen auf 30 % ab.

Die Mortalitätsrate betrug in allen Gruppen gleichmäßig ca. 13 % und war in der Mehrzahl Leukose-bedingt.

Obwohl die 9 Wochen-Gewichte der Hennenküken der 10 % Gasöl-Gruppe noch signifikant unter denen der Kontrollgruppe (1) lagen, waren die Körpergewichte nach 24 Versuchswochen in beiden Gruppen und für beide Geschlechter gleich. Die Futterverwertung

Tab. 16

Versuchsanlage und Ergebnisse								
Aufzucht- und Legeperiode								
Versuchsration	(1)		(2)		(3)		(4)	
% Rohprotein								
0.-9. Woche	19		19		21		21	
9.-20. Woche	16,5		16,5		21		21	
Legeperiode	16		16		21		21	

% Lavera-Hefe	-		10		-		20	

9-Wochen-Körper- gewichte (g)	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
	1173	900	1140	870 ¹⁾	1108	860	1125	857
Relativ	(100)	(100)	(97)	(97)	(100)	(100)	(102)	(100)
24-Wochen-Körper- gewichte(g)								
	3274	2228	3246	2236	3223	2090	3218	2159 ²⁾
Relativ	(100)	(100)	(99)	(100)	(100)	(100)	(100)	(103)

Legeleistung (%)	59,9		61,7		53,3		60,6 ³⁾	
Relativ	(100)		(103)		(100)		(114)	
Eigewicht (g)	63,4		62,9		63,0		61,9	
Relativ	(100)		(99)		(100)		(98)	

% befruchtete Eier ⁴⁾	90,0		85,9 ⁵⁾		88,1		82,6 ⁶⁾	
Relativ	(100)		(95)		(100)		(94)	

- 1) $P < 0,001$ zu 900 g der Gruppe (1)
- 2) $P < 0,01$ zu 2090 g der Gruppe (3)
- 3) $P < 0,001$ zu 53,3 % der Gruppe (3)
- 4) mit verdünntem Sperma besamt
- 5) $P < 0,001$ zu 90 % der Gruppe (1)
- 6) $P < 0,001$ zu 88,1 % der Gruppe (3)

der 10 % Gasöl-Gruppe (5,52 g Futter/g Zunahme) war nach 24 Wochen von der Kontrollgruppe (5,55) ebenfalls nicht verschieden. Bei geringfügig unterlegenem Eigewicht (62,9 : 63,4 g) wurde in dieser Gruppe eine um 3 % bessere 52-Wochen-Legeleistung (61,7:59,9%) gemessen. Daraus resultierte dann eine (nicht signifikante) Mehrproduktion von 80 g Limasse in 100 Tagen.

Mit 20 % Gasölhefe im Junghennen-Aufzucht- bzw. Legehennen-Alleinfutter wurden signifikant bessere Ergebnisse erzielt als nach Angebot der 15 % Fischmehl-Kontrollration (3).

Auch wenn man nur die Daten der ersten 8 Legemonate vergleicht - anschließend war die Legeleistung der Kontrollgruppe (3) auf 30 % gesunken - ergibt sich mit 66,7 gegenüber 62,2 % Legeleistung (und 200 g Mehrproduktion an Eimasse in 100 Tagen) ein deutlicher Vorteil für die 20 % Hefe-Gruppe.

Die Befruchtungsrate der 10 % Hefe-Gruppe lag wie die der 20 % Hefe-Gruppe signifikant ($P < 0,001$) unter dem jeweiligen Kontrollgruppen-Niveau. Dieser Effekt wurde allerdings nur bei Verwendung von verdünntem Sperma beobachtet. Nach Applikation unverdünnten Spermas traten keine Unterschiede auf.

In der Schlupfrate der befruchteten Eier wie auch hinsichtlich der Vitalität und des Gesundheitszustandes der Küken wurden keine Unterschiede zwischen den 4 Gruppen beobachtet.

Die zusammenfassenden Daten dieses Experiments an P-, F_1 - und F_2 -Generation finden sich bei SHACKLADY und GATUMEL (1972). Sie sind in Tab. 17 wiedergegeben.

Tab. 17

52 Wochen-Legeleistung (%) von 3 Hennen-
generationen

Generation	Relativzahlen in Klammern			
	Rationsprotein: 16 %		Rationsprotein: 21 %	
	Kontrolle	10 % Lavera	Kontrolle	20 % Lavera
P	59,9(100)	61,7(103)	53,3(100)	60,6(114)
F_1	60,1(100)	56,7(94)	56,5(100)	57,3(101)
F_2	57,5(100)	59,8(104)	58,0(100)	57,9(100)

Aus diesen Werten geht eindeutig hervor, daß zwischen Kontroll- (Mittelwert: 58 %) und Hefe-Fütterungsgruppe (Mittelwert: 59 % Legeleistung) sich kein Unterschied in der Legeleistung ausgebildet hatte. Diesem Generationsexperiment muß besondere Bedeutung zugemessen werden, da beispielsweise in der 20 % Lavera-Gruppe der F_2 -Generation bereits die Eltern (F_1)-und Großeltern(P)-

Tiere mit derselben Hefekonzentration gefüttert bzw. belastet worden waren. Ein solches Langzeitexperiment wäre grundsätzlich am besten in der Lage, eventuelle Unverträglichkeitserscheinungen auszuweisen.

In der F_3 -Generation dieses Versuches wurden in einer 52-Wochen-Prüfung die beiden Hefetypen Lavera und Toprina mit einer Kontrollration verglichen. Während die Legeleistung der Kontrollgruppe 54,7 % betrug, wurden für die 13 % Lavera- bzw. 12 % Toprina-Gruppen 56,1 bzw. 54,9 % gemessen.

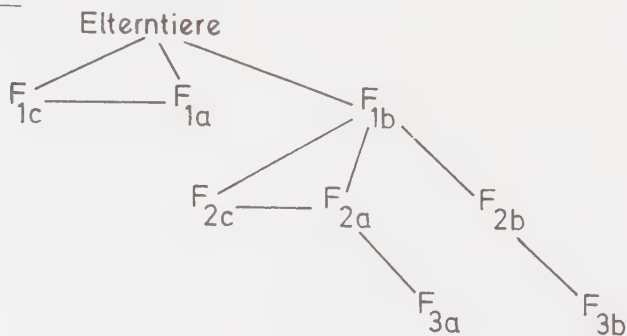
Aus den geschilderten Untersuchungen und Angaben von HOLMES et al. (1970) kann geschlossen werden, daß die Legehenne offensichtlich höhere Hefekonzentrationen (bis 20 % im Futter) als Mastgeflügel ohne Leistungseinbußen verträgt. Der Anteil von Hefeprotein am Gesamtrationsprotein macht dabei bis zu 60 % aus.

Eine Wertung und Einordnung der unterschiedlichen Befruchtungsraten, d.h. eine negative Beeinflussung der Befruchtungsrate durch 20 % Hefe, steht noch aus. Diese Ergebnisse legen als Konsequenz aber nahe, auch in der praktischen Legehennenfütterung 10 % im Legehennenalleinfutter nicht zu überschreiten.

2.3.3 Muttersauen und Mastschweine

SHACKLADY (1967) sowie van der WAL und SHACKLADY (1968) publizierten die ersten Daten über einen 1966 begonnenen Generationsversuch an Schweinen mit Lavera-Hefe-haltigen Rationen. Das Experiment war nach dem in Abb. 1 dargestellten Schema angelegt.

Abb. 1



Es sollte geprüft werden, ob sich 10 % Hefe im Futter von trächtigen Sauen, 15 % im Beifutter der Ferkel bis zum Absetzen und 7,5 bzw. 15 % im Alleinfutter von Mastschweinen auf das Wohlbefinden bzw. die Mastleistung der Tiere auswirken. Das Hefeprotein wurde zu Lasten von Sojaschrot und Fischmehl eingesetzt. Die Elterntiere wurden unter Berücksichtigung der Wurfzugehörigkeit in 2 gewichtsgleiche Gruppen zu je 16 Tieren eingeteilt. Jedes Tier bekam täglich 0,6 kg getrocknete Zuckerrübenschnitzel und 1,8 kg Fertigfutter (Mais-, Gerste-, Hafer-, Weizen-, Soja- und Weizenkleie: 18,4 % RP). Der Fertigfutteranteil der Tagesration wurde langsam bis auf 2,6 kg gesteigert bei gleichzeitiger Verringerung des Anteils an Zuckerrübenschnitzeln von 0,6 auf 0,4 kg. Das Futter wurde in dickbreiigem Zustand angeboten (Futter : Wasser = 1:2). Trinkwasser konnte ad libitum aufgenommen werden.

Die Sauen wurden künstlich besamt mit Samen von Ebern, die mit der Kontrollration gefüttert wurden. Wurfgeschwister wurden mit Sperma desselben Ebers besamt.

Die Wurfgröße und das Geburtsgewicht der Ferkel wurden gemessen; ebenso wurde die Zahl der totgeborenen Tiere und der innerhalb der ersten 24 Stunden post partum verendeten Ferkel festgestellt.

Alle 16 Schweine der Kontrollgruppe und 13 Tiere der Hefegruppe wurden nach 1 - 2 Besamungen trächtig. Die Sauen der Kontrollration brachten durchschnittlich 10,3 Ferkel mit einem mittleren Gewicht von 1244 g zur Welt. Die Wurfgröße der Hefegruppe betrug 10,9 Ferkel. Das Gewicht der Ferkel betrug hier durchschnittlich 1231 g/Tier.

13 Ferkel der Kontrollgruppe (0,8/Sau) und 19 der 10 %-Hefegruppe (1,5/Sau) wurden tot geboren bzw. verendeten innerhalb 24 Stunden post partum. Die Unterschiede in Wurfgröße, Geburtsgewicht und Anzahl der Totgeburten bewegten sich jedoch innerhalb des Zufallsbereiches.

Dieselben Sauen wurden ein zweites Mal besamt (ein Tier jeder Gruppe wurde jetzt aus dem Versuch genommen, nachdem die Rationen verwechselt worden waren). 2 Schweine der Hefegruppe wurden

nicht trchtig.

15 Sauen der Kontrollgruppen brachten 169 Ferkel (11,3 pro Sau)  1326 g, die 10 mit Hefe gefutternen Tiere 124 (12,4 pro Sau)  1271 g zur Welt. Auch diesmal war die Zahl der totgeborenen bzw. kurz nach der Geburt verendeten Ferkel in der Hefegruppe höher (1,2/Sau) als in der Kontrollgruppe (0,9/Sau). Ebenso wie im vorhergehenden Experiment konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Rationsgruppen hinsichtlich der oben genannten Parameter beobachtet werden.

Mit einem Teil der aus diesen beiden Paarungen entstandenen Ferkel wurden weitere Versuche durchgeführt. Die Ferkel der Kontroll-Sauen erhielten Ferkelbeifutter ohne Hefeanteile, das Ferkelbeifutter der mit Hefe gefutternen Sauen enthielt 15 % Gasölhefe (anstelle von 12,5 % Fischmehl und zu Lasten von 3 % Soja-schrot).

Die Basalration bestand in der Hauptsache aus Mais, Weizen, Hirse, Soja, Fischmehl, Quetschhafer, Maiskleberfutter und Magermilchpulver (20,3 % RP). Das Beifutter wurde den Ferkeln mit Beginn der 3. Lebenswoche in Mehlform angeboten. Es konnte ad libitum aufgenommen werden.

Für die Versuche wurden jeweils 10 Ferkel/Wurf von 6 Geschwisterpaaren ausgewählt. Im Alter von 14 Tagen wurden sie unter Berücksichtigung des Geschlechts, des Gewichts und der Zunahmerate während der ersten 14 Lebenstage auf die beiden Versuchsgruppen verteilt. Der Versuch wurde beendet, als die Ferkel im Alter von 67 Tagen abgesetzt wurden.

Die Gewichtsentwicklung der Ferkel (Tab. 18) aus der ersten Paarung verlief nahezu identisch in beiden Gruppen. Bei Versuchsende hat-

Tab. 18

<u>Zunahme (kg/Ferkel) im Aufzuchtabschnitt</u>						
Versuch 1						
Gruppe	KG bei Versuchsbeginn	Alter (Tage)				
		14	25	39	53	67
Kontrolle	1,39	2,77	5,31	8,89	15,36	23,3
15 % Hefe-Gr.	1,74	2,84	5,31	8,84	15,19	23,7

ten die Hefe-Ferkel mit 23,7 kg/Tier im Mittel 400 g mehr zugenommen als die Kontrolltiere (23,3 kg). Dieser Unterschied ist nicht signifikant. Die Futterverwertungsdaten (Tab. 19) sind nicht sehr aussagekräftig, da die Zunahmen aus dem Verzehr von Beifutter + Sauenmilch resultierten und der Anteil der aufgenommenen Sauenmilch unbekannt blieb.

Tab. 19

<u>g Futter/g Zunahme im Aufzuchtabschnitt</u>			
Versuch 1			
Gruppe	Alter (Tage)		
	39	53	67
Kontrolle	0,27	0,62	0,98
15 % Hefe-Gr.	0,25	0,57	0,92

Im Ferkel-Versuch 2, der analog zu Versuch 1 mit Ferkeln der zweiten Paarung durchgeführt wurde, konnten (nach 63 Tagen) ähnliche Daten gemessen werden (Tab. 20).

Tab. 20

Zunahme (kg/Tier) und Futterverwertung (g Futter/
g Zunahme im Aufzuchtabschnitt)
Versuch 2

Gruppe	KG (kg) bei Versuchs- beginn	kg Zunahme nach			kg Futter/kg Zunahme 42. Tag	kg Zunahme 63. Tag
		28 Tagen	42 Tagen	62 Tagen		
Kontrolle	1,44	6,15	11,04	22,9	0,38	0,97
15 % Hefe- Gruppe	1,27	5,99	10,71	21,8	0,36	1,00

Eine statistische Analyse zeigte eine signifikante Korrelation zwischen Anfangsgewicht und Zunahmerate, woraus sich der Unterschied in der Zunahme bei Versuchsende erklären läßt.

Ein Teil der Ferkel aus den beiden Paarungen wurde nach Erreichen von ca. 25 kg Lebendgewicht bis 115 kg gemästet.

Versuch A umfaßte 3 Rationsgruppen: Neben einer Kontroll- wurden 2 Hefegruppen eingerichtet, deren Futter 7,5 bzw. 15 % Laverahefe enthielt. Im Versuch B wurden außerdem noch zwei Hochprotein-

gruppen (1 Kontrollration, 1 Futtermischung mit 20 % Hefe)gebildet.

In beiden Versuchen bestanden die Rationen im wesentlichen aus Mais, Gerste, Hafer, Hirse, Sojaschrot und Fischmehl, bzw. Gasölhefe. Der Rohproteingehalt betrug 18 - 19 %, mit Ausnahme der Hochprotein-Gruppen im Versuch B (21 %).

Über die Versuchsergebnisse orientiert Tab. 21.

Tab. 21

17 Wochen-Ergebnisse eines Schweinemastversuchs

mit 7,5 und 15 % Lavera-Hefe

Relativzahlen in Klammern

Versuch	Gruppe	Stall	Tierzahl	kg KG bei Versuchs- beginn	Zunahme (g/Tag)	g Futter/ g Zunahme
A	Kontrolle	1	24	28,9	667(100)	3,17(100)
A	7,5 % Lavera	1	24	30,1	680(102)	3,14(99)
A	Kontrolle	2	24	28,9	659(100)	3,15(100)
A	15 % Lavera	2	24	28,8	683 ²⁾ (104)	3,07(97)
B	Kontrolle	1	16	25,4	629(100)	3,07(100)
B	7,5 % Lavera	1	16	24,5	625(99)	2,98(97)
B	Kontrolle	2	16	25,3	649(100)	2,99(100)
B	15 % Lavera	2	16	24,0	640(99)	2,94(98)
B ¹⁾	Hochprotein- Kontrolle	1/2	16	25,6	674(100)	2,73(100)
B ¹⁾	20 % Lavera	1/2	16	25,3	691(103)	2,68(98)

1) 14 Wochen-Ergebnisse

2) Mit $P < 0,05$ vom Kontrollgruppenwert verschieden

Vergleicht man die Mittelwerte aller Kontrollgruppen mit denen der Hefegruppen (unabhängig von der Hefekonzentration im Futter), so können für beide Gruppen mit je 96 Tieren gleiche Mastleistungen ausgewiesen werden (Zunahme/Tag: Kontrolle:656 g, Hefe:664 g; g Futter/ g Zunahme Kontrolle: 3,02, Hefe: 2,96).

Nach 17 Wochen Versuchsdauer wurde im Versuch A ein signifikanter Unterschied zwischen der 15 % Hefegruppe und der entsprechenden Kontrollgruppe in der Zunahmerate gemessen. In der Futterverwertung unterschieden sich in beiden Versuchen die Tiere der Hefegruppen nicht signifikant von denen der Kontrollgruppen. Krankheit und Todesfälle beschränkten sich nicht auf bestimmte Rationsgruppen.

Auffallend ist, daß sowohl in Versuch A als auch in Versuch B das Nierengewicht der 15 %-und 20 %-Hefegruppen deutlich unter dem Wert der Kontrollgruppen lag ($P < 0,05$).

Die Schlachtkörper wurden nach der in Dänemark handelsüblichen Standardmethode beurteilt. Die Qualität der Schlachtkörper der Tiere aus der 15 % Hefegruppe im Versuch B war signifikant besser als die der Kontrolltiere. Ansonsten wurden keine Unterschiede beobachtet.

Außerdem wurden im Fettgewebe der Schweine Schmelzpunkt, die Jodzahl, der unverseifbare Anteil sowie Fettsäuremuster bestimmt. Auch die Aminosäurezusammensetzung der Muskulatur wurde analytisch erfaßt. Die Leber sowie der unverseifbare Anteil des Körperfettes wurden hinsichtlich des Paraffingehaltes geprüft. In allen genannten Untersuchungen konnten keine nennenswerten Unterschiede zwischen Kontrollgruppen und den mit Hefe gefütterten Gruppen bemerkt werden (38).

Eine abschließende toxikologische Prüfung durch eine histologische Untersuchung von Leber und Nieren eines Teils der Schweine bzw. durch Verfüttern von Muskelfleisch und Organen an Ratten ließ keine Auswirkungen der Hefefütterung erkennen (15).

SHACKLADY und GATUMEL legten 1972 weitere Daten desselben Experimentes vor, die sich vornehmlich auf die Reproduktionsfähigkeit der P-, F₁- und F₂-Generationen beziehen. Tab. 22 enthält eine zusammenfassende Übersicht.

Tab. 22

Wurfgröße und Ferkel-Geburtsgewicht in

3 Sauengenerationen

	Kontrollgruppe	10 % Lavera
Ferkel/Wurf		
P-Generation	11,2	12,5
F ₁ -Generation	11,4	10,6
F ₂ -Generation	6,5	7,7

Geburtsgewicht (g)		
F ₁ -Generation	1252	1225
F ₂ -Generation	1322	1281
F ₃ -Generation	1350	1172

Aus den in Tab. 22 wiedergegebenen Werten läßt sich eine Beeinträchtigung von Wurfgröße und Geburtsgewicht der Ferkel durch 10 % Lavera-Hefe im Sauenfutter nicht ablesen.

Die Aufzuchtleistung in der F_1 - und F_2 -Generation (F_{1a} , F_{1b} , F_{1c} , F_{2a} und F_{2b}) war ebenfalls durch Hefe nicht eingeschränkt. In der Säugeperiode wurde an insgesamt 307 Tieren für die Kontrollferkel 370 g tägliche Zunahme gemessen, für die 15% Lavera-Ferkel 361 g/Tag.

Die Mastleistung von Vertretern der F_{1a} -, F_{1b} -, F_{2a} - und F_{2b} -Generationen kann für die Kontrollgruppen mit 665 g Zunahme/Tag (3,10 g Futter/g Zunahme), für die (7,5- und 15 %-) Hefe-Gruppen mit 684 g (3,02) angegeben werden.

Knapp 700 g Zunahme/Tag bei einem Futterverbrauch von 3 - 3,1 kg Futter/kg Zunahme können für den Mastbereich 25 - 110 kg KG als absolut befriedigende Werte angesprochen werden.

Bei wachsenden Mastschweinen sowie Muttersauen kann Alkan-Hefe nach diesen Untersuchungen als brauchbare Mischfutterkomponente angesehen werden. Im Gegensatz zu Geflügel scheinen hier Hefekonzentrationen bis 15 % (möglicherweise sogar 20 %) erfolgreich eingesetzt werden zu können. Diese Schlußfolgerungen werden auch durch Mastversuchsdaten von SHACKLADY (1967) sowie PETERSEN und SCHILLER (1972) über n-Paraffin-Hefe gestützt.

Weiter existieren mehrere Publikationen osteuropäischer Autoren über Kohlenwasserstoff-Hefen in der Schweinefütterung.

Als Parameter zur Beurteilung der Hefequalität dienten ebenfalls Wachstum, Fertilität und Krankheitsresistenz der Versuchstiere und Lebensfähigkeit ihrer Nachkommen sowie die physikalisch-chemischen Kenndaten der Hefen.

So verglichen RŮČIČKA und VAVÁK (1969) Melassehefe mit Gasöl- und n-Paraffinhefe in Anteilen von 3 % bzw. 6 % im Futter von Mastschweinen. Sie konnten eine Wachstumsdepression durch Gasölhefe beobachten. Durch die Beifütterung von Paraffinhefe wurden die Zunahmen der Schweine nicht beeinflusst.

PALFIJ (1968) ersetzte 20-40 % des Rationsproteins durch Eiweiß aus Paraffinhefen. Er konnte keinen negativen Einfluß der Hefefütterung auf Wachstum und Fruchtbarkeit von Schweinen und auf die Lebensfähigkeit ihrer Nachkommen feststellen.

Bedeutende morphologische Veränderungen der Tierkörper konnten weder makroskopisch noch in der histologischen Untersuchung beobachtet werden.

DOCTOROVIČ und NOZDRIN (1966) tauschten Fischmehl, das 20-25 % des verdaulichen Eiweißanteils im Futter von Mast- und Zuchtschweinen bereitstellte, gegen die entsprechende Menge einer n-Paraffinhefe aus. Sie untersuchten Tageszunahme der Mastschweine, Befruchtungsrate, Spermaqualität und -quantität der Zuchteber. Sie konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Kontroll- und den Versuchsgruppen feststellen.

3 Monate alte weibliche Läufer wurden in zwei Gruppen eingeteilt (Gruppe I und II), gleichaltrige männliche Läufer in drei Gruppen (Gruppen III, IV und V).

Als durchschnittliche Wachstumsrate (Futtermittelverwertung) der Kontrollgruppen ergaben sich 490 g/Tag (5,69 g Futter/g Zunahme), in den Hefegruppen wurden 486 g (5,74 g/g) ermittelt. Auch in der Befruchtungsrate weiblicher Tiere (Mittel 91,6 %) wurden keine Unterschiede zwischen den Gruppen beobachtet.

TKAČEV (1967) mästete 4 x 10 Schweine über 80 Tage (Mast I 40 Tage/Mast II 40 Tage) und prüfte 20 % Erdölhefe im Mastfutter I bzw. 10 % im Mastfutter II. Verschiedene Hefen mit steigendem Gehalt von Restkohlenwasserstoffen wurden eingesetzt.

Die Hefen enthielten 0,48 % (Gruppe II), 2,09 % (Gruppe III) bzw. 2,93 % (Gruppe IV) Restkohlenwasserstoff. Die Ration der Kontrollgruppe (Gruppe I) enthielt anstelle des Hefeanteils 23 % bzw. 11 % Sonnenblumenkuchen.

Die Tageszunahmen betrugen 464 g (I), 532 g (II), 552 g (III) und 549 g (IV). Die Hefegruppen hatten also besser zugenommen als die Kontrollgruppen, was durch den geringen Lysingehalt des Son-

nenblumenproteins (Analysendaten fehlen) zustande gekommen sein dürfte. Die unterschiedliche Restkohlenwasserstoffkonzentration hatte sich auf das Wachstum nicht ausgewirkt. Lediglich bei der Schlachtkörperauswertung konnte festgestellt werden, daß die Gruppe IV (Hefe mit 2,93 % Restkohlenwasserstoffen) stärker verfettet war als die anderen Gruppen.

Derselbe Autor berichtete später (1968) von Versuchen mit Mastläufern, die von 35-95 kg Lebendgewicht Mischfutter erhielten, in dem Erdölhefe im Austausch gegen Sonnenblumenschrot (Kontrollgruppe I) eingesetzt wurde. In der ersten Versuchsgruppe (II) wurde die Hefe ohne Methionin-Ergänzung verfüttert. Die Hefeanteile der beiden anderen Rationsgruppen waren mit DL-Methionin (III) bzw. Vitamin B₁₂ (IV) ergänzt.

TKAČEV erzielte mit Rationen, in denen 25 % des Rohproteins durch Hefeprotein ersetzt worden waren, um 6,2 - 8,5 % höhere Zunahmen und eine um 10,5 - 15,2 % bessere Futterverwertung als in der Kontrollgruppe. Der Methioninzusatz zeigte nur bis zu einem Körpergewicht von 50 - 55 kg einen positiven Effekt.

H.D. BOCK et al. (1968) stellten dagegen deutlich negative Auswirkungen in den Leistungsparametern von Mastschweinen fest, wenn der Anteil der Futterhefen aus Erdölkohlenwasserstoffen 6 % der Gesamtration überstieg. Leider fehlen in der zitierten Untersuchung genauere Zahlenangaben, insbesondere über die Rohnährstoffzusammensetzung und den Restkohlenwasserstoffgehalt der verwendeten Hefen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß auch die Mehrzahl der zuletzt genannten Untersucher beim Vergleich von Erdölhefen mit Fischmehl, Sojaschrot, Sonnenblumenkuchen bzw. Hefen anderer Ausgangsbasis (z.B. Melasse) bei Anteilen von ca. 5 - 20 % Hefe in der Ration keinen nachteiligen Einfluß der Erdölhefen auf Mastkennzahlen und Fertilität von Schweinen bzw. auf die Vitalität der Nachkommen eines Teiles dieser Tiere beobachten konnten.

Trotz der fraglos vorhandenen Unterschiede in der Nährstoff-

zusammensetzung sowie der Restkohlenstoffkonzentration zwischen den verschiedenen im Experiment verwandten Hefen sind die Ergebnisse bei Schweinen einheitlicher (positiv) ausgefallen als bei Geflügel, und hier insbesondere bei Mastgeflügel. Auch diese Feststellung dürfte in Richtung einer besseren Verträglichkeit der Kohlenwasserstoff-Hefen beim Schwein als bei Geflügel zu deuten sein.

2.3.4 Milchaustauschfutter für Kälber

Neuartige Proteinquellen, die im Milchaustauschfutter zur Kälbermast oder -Aufzucht geprüft und eingesetzt werden sollen, müssen mit einem besonders hochwertigen Protein, dem Milchprotein, und einem gut verträglichen sowie optimal verdaulichen Proteinträger, dem Magermilchpulver konkurrieren.

Die bisherigen Versuche, Magermilch vollständig oder partiell durch milchfremde Proteinträger zu ersetzen, waren zahlreich. In der Mehrzahl bezogen sich die einschlägigen Experimente auf Sojaproteinisolate und Fischproteinkonzentrate (24). Dabei muß zwischen Aufzucht- und Mastversuchen unterschieden werden. In der Kälberaufzucht - hier erfolgt die Nährstoffzufuhr außer über Milchaustauschfutter noch über Kraftfutter und Heu, zudem werden niedrigere Zunahmeraten als in der Mast angestrebt (ca. 800 g/Tag) - konnten beim vollständigen Magermilchaustausch relativ befriedigende Ergebnisse erzielt werden (25).

Ganz anders müssen dagegen die entsprechenden Kälbermastversuche beurteilt werden. Hier konnten, wenn das Gesamt-Rationsprotein den Bedarf des wachsenden Kalbes nicht bereits deutlich überschritt, nur 30 - 50 % des Milchproteins erfolgreich ausgetauscht werden. Der weitergehende Milchprotein-Ersatz war dagegen in der Regel mit schwerwiegenden Leistungseinbußen verbunden. Gleichzeitig war auch die Schlachtkörperqualität beeinträchtigt.

Aus diesen Gründen verdienen Versuche mit Alkan-Hefen im Milchaustauschfutter für Kälber besonderes Interesse. Wegen der verdauungsphysiologischen Sonderstellung des milchernährten Kalbes (28) werden in diesem Kapitel auch die bei Kälbern ermittelten Ver-

dauungsquotienten (Tab. 23) zusammen mit Fütterungsversuchen wiedergegeben.

Tab. 23

Quelle	<u>Verdaulichkeitsquotienten (%)</u> <u>der Hefe-Rohnährstoffe</u>					NFE
	Hefetyp,	Trocken- substanz	Organ. Substanz	Roh- protein	Roh- fett	
TOULLEC (1969)	Lavera	92	95	92	88	-
PARUELLE et al. (1970)	Lavera	90	91	86	87	-
v. WEERDEN(50)	Lavera	86	87	87	-	86
v. WEERDEN(50)	Toprina	80	80	87	92	52

Von Bedeutung sind besonders die Verdauungsquotienten für Hefe-Rohprotein, dessen Durchschnittswert mit 88 % ca. 4 - 7 % unter dem entsprechenden Milchproteinwert liegt (4 ,22). Augenfällig wird aus den Einzeldaten von PARUELLE et al. (1970) auch die Altersabhängigkeit des VQ für Rohprotein. Während die Autoren bei Kälbern in der 3. und 4. Lebenswoche 79 % maßen, ermittelten sie als Mittelwert der 5. - 12. Lebenswoche einen Rohprotein-VQ von 87 %.

Diese Beziehung findet sich generell bei allen milchfremden Proteinen. Sie dürfte mit dem geringen Pepsin-Bildungsvermögen des Saugkalbes in Zusammenhang stehen (27).

Die Verdaulichkeit der Rohfettfraktion (89 %), die allerdings mengenmäßig bei den Alkan-Hefen als Milchaustauschfutterkomponente kaum zu Buche schlägt, korrespondiert in brauchbarer Weise mit den bekannten Daten für Milchlasse in Milchaustauschrationen.

Besonders niedrig ist die Verdaulichkeit der NFE-Fraktion mit 52 % bei Toprina-Hefe ausgefallen, worauf auch die relativ geringe Verdaulichkeit der Organ.Substanz zurückzuführen ist. Milchkohlenhydrate (Lactose) weisen eine Verdaulichkeit zwischen 95 und 100 % auf (28).Aus den verdaulichen Nährstoffen errechnet v. WEERDEN (50) einen Gehalt an umsetzbarer Energie für

Lavera- und Toprina-Hefe beim Mastkalb von 3430 bzw. 3530 kcal/kg. Der korrespondierende Trockenmagermilchwert liegt nach gleicher Angabe geringfügig (3400 kcal U.E./kg) darunter.

Eine vergleichende Bewertung dieser Daten erlaubt den Schluß, daß bei Hefe von vornherein keine Benachteiligung als Komponente einer Milchaustauschrations im Vergleich zu anderen milchfremden Proteinträgern zu erwarten ist.

Die Daten eines Kälbermastversuchs mit beiden Alkan-Hefetypen finden sich bei SHACKLADY und GATUMEL (1972). 10 % Alkan-Hefe, Lavera- bzw. Toprina -Hefe, wurden zu Lasten von 20 % (Lavera) bzw. 15 % (Toprina) Magermilchpulver (proteinäquivalent) in die Ration eingebracht. Als Ersatz der Milchkohlenhydrate aus 20 bzw. 15 % TMH dienten 6 % Glucose + 4 % Lactose bzw. 6 % Lactose. Die Rationen enthielten ca. 23,6 % Rohprotein (Rechenwert). Sie wurden an 3 Wochen alte Kälber über 15,5 Versuchswochen angeboten. Über die Ergebnisse orientiert Tab. 24.

Tab. 24

Wachstum und Futterverwertung von Mastkälbern

Milchaustauschfutter mit 10 % Lavera- bzw.

Toprina-Hefe. Relativzahlen in Klammern

Versuch 1

Versuch 2

	Kontrolle	Lavera	Kontrolle	Toprina
g Zunahme/Tag				
1.-2. Woche	1043(100)	993(95)	743(100)	607(82)
1.-15,5. Woche	1205(100)	1167(96)	1137(100)	1136(100)
g Futter/g Zunahme				
1.-2. Woche	1,07(100)	1,12(105)	1,72(100)	2,06(120)
1.-15,5. Woche	1,54(100)	1,57(102)	1,55(100)	1,51(97)

In den ersten beiden Versuchswochen wurden für beide Hefegruppen erkennbar schlechtere Resultate erzielt als in den jeweiligen Kontrollgruppen. Dieser Befund steht in gutem Einklang mit den in diesem Altersabschnitt niedrigen Verdauungsquotienten für Hefeprotein. Bis zum Versuchsende hatten sich die anfänglich bestehenden Leistungsunterschiede weitgehend angeglichen.

Aus den Gesamtergebnissen kann nur geschlossen werden, daß die Alkan-Hefen in Milchaustauschfutter gut vertragen werden. Ihre Ausnutzung, die hier allerdings nicht bestritten werden soll, kann aus den vorgelegten Daten nicht zwingend abgeleitet werden. In Anbetracht der relativ geringen Wachstumsrate (das Geschlecht der Milchkälber wurde nicht angegeben) und des relativ hohen Proteingehalts in Milchaustauschfutter darf vermutet werden, daß der Kontrollgruppe vergleichbare Leistungen auch dann erzielt worden wären, wenn der Proteinanteil der Hefen nur zu ca. 50 % resorbiert und zu ca. 25 % retiniert worden wäre (Proteingehalt des Milchaustauschfutters bei Abzug des Hefeproteins: ca. 17,5 %). Diese Schlußfolgerung verdient umso mehr Beachtung, als die beiden Alkan-Hefen im geschilderten Experiment offensichtlich ohne Methioninergänzung eingebracht wurden.

Als Nebenfund sei hier noch erwähnt, daß in der Lavera-(Toprina-)Gruppe mit 11,3 (9,6) g Hb/100 ml Blut ein deutlich höherer Hämoglobingehalt gemessen wurde als in der Kontrollgruppe mit 8,2 (7,2) g. Dies ist fraglos auf den Eisengehalt der Alkan-Hefen Lavera und Toprina zurückzuführen, der mit 684 bzw. 141 ppm den korrespondierenden Magermilchwert von ca. 10 ppm um ein Vielfaches überschreitet.

Aus einer Reihe weiterer, im einzelnen nicht geschilderter Experimente in Frankreich, Holland und England schließen SHACK-LADY und GATUMEL, daß 7,5 % Alkan-Hefe mit gutem Erfolg als Magermilchersatz (ca. 15 %) verwendet werden können.

Ein Aufzuchtversuch mit Milchaustauschrationen, die 10 % Fett und 24 % Rohprotein enthielten, wurde zur Prüfung von 10 % Toprina-Hefe, zusammen mit 10 % Molkenpulver im Austausch gegen 20 % Magermilchpulver vorgenommen (1). 2 x 28 ca. 7 Tage alte Kälber (42 kg KG) erhielten über 30 Versuchstage insgesamt 11 kg Milchaustauschfutter. Daneben konnten Heu, Kraftfutter und Wasser ad libitum aufgenommen werden. Nach 6 Wochen - hier wird das erste Zwischenergebnis vermeldet - wurde in der Kontrollgruppe 376 g Zunahme/Tag ermittelt, in der 10 % Toprina-Gruppe 400 g/Tag. Auch die weitere Entwicklung der Toprina-Gruppe

verlief besser als die der Kontrollgruppe, was die Autoren auf den höheren Kälberstarterverzehr der Toprina-Gruppe, der bereits in den ersten 6 Versuchswochen ausgeprägt war, zurückführen.

In Anbetracht der geringen Nährstoffaufnahme über Milchaustauschfutter (2,64 kg Rohprotein) bei freiem Verzehr an Kälberstarter und fehlenden Angaben über den Kraftfutterverzehr in der Milchperiode (1. - 30. Tag) erscheint auch dieses Experiment nur eingeschränkt aussagefähig, was die Verwertung von Alkan-Hefe in Milchaustauschfutter betrifft.

Dennoch scheinen die Alkan-Hefen, zumindest in Konzentrationen bis 10 %, nicht mit größeren Nachteilen als andere milchfremde Proteinträger belastet zu sein, wenn es gilt, Magermilch wirkungsäquivalent - und hier besonders bei jungen Kälbern - zu ersetzen.

3. Eigene Untersuchungen

Die Eignung der Alkan-Hefen Lavera und Toprina zur Verwendung in der Geflügelnahrung sollte am Beispiel der Junggeflügelmast unter den in der BRD üblichen Fütterungsbedingungen überprüft werden. Aus diesem Grunde wurden zwei Versuche mit Broilerküken durchgeführt (Versuch I und Versuch II).

Außerdem fanden vier weitere Versuche mit halbsynthetischen Rationen statt, in denen die Verwendungsmöglichkeit des Hefeproteins als Referenzprotein (Versuche III, III b, IV und X) untersucht werden sollte. Als Versuchstiere dienten ebenfalls männliche Tiere einer Mastrasse.

In der anschließenden Versuchsreihe, die 6 Tierexperimente umfaßte, wurde versucht, die Alkanhefen den Futterkomponenten Fischmehl und Sojaschrot in ihrer Effektivität auf Wachstum und Futterverwertung von Wachtelküken (*Coturnix Coturnix Japonica*) anzugleichen. Auch diese Versuche wurden mit halbsynthetischen Rationen durchgeführt, in denen Alkanhefen bzw. die Vergleichsproteine aus Soja oder Fischmehl als einzige Proteinquellen dienten.

3.1 Versuch I (21.10. - 9.12.1970)

3.1.1 Versuchsplan

Die Alkan-Hefen Lavera und Toprina wurden so in ein Alleinfutter zur Hähnchenmast (ca. 21 % Rohprotein) eingemischt, daß die proteinäquivalenten (nicht isokalorischen) Versuchsrationen 0; 6 bzw. 12 % Rohprotein aus Alkanhefen (von 21 % Gesamtprotein) enthielten. Die hefehaltigen Rationen wurden mit und ohne Methionin-Ergänzung (bezogen auf Hefeprotein) angeboten.

Tab. 25

Code-Nr.	<u>Versuchsanlage (Versuch I)</u>								
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Hefetyp		Lavera		Toprina		Lavera		Toprina	
Tierzahl	4x15	4x15	4x15	4x15	4x15	4x15	4x15	4x15	4x15
Rationsprotein aus Hefe(%)	-	6	12	6	12	6	12	6	12
Methionin(1 % v. Hefeprotein)	-	-	-	-	-	+	+	+	+

Der Versuch dauerte 7 Wochen.

Als Basalration diente eine methioninergänzte Mais-Soja-Ration, die je 2 % Fisch- bzw. Tierkörpermehl und 5 % Rindertalg enthielt. Die Einzelheiten der Rezeptur gehen aus Tab. 26 hervor.

Tiermaterial: 540 Lohmann-Eintagsküken (B 975) ♂.

Versuchsdurchführung:

Die Küken wurden in Käfigen zu je 15 Tieren gehalten. Bei Versuchsbeginn wurden die Tiere nach Zufall auf die Rationsgruppen verteilt. Die Verteilung der Rationsgruppen im Stallraum ist in Tab. A 1^{*)} wiedergegeben. Futter und Wasser konnten ad libitum aufgenommen werden.

Kontrollen

Nach 1 und 3 Wochen wurden die Küken gruppenweise, nach 2, 4, 5, 6 und 7 Wochen einzeln gewogen. Der Futterverzehr wurde zum Ende der 2., 4., 6. und 7. Woche bestimmt und daraus

*) Alle mit A bezeichneten Tabellen sind gesondert im Anhang aufgeführt

Tab. 26

Code-Nr.	Rationszusammensetzung (%) ¹⁾				
	Versuch I				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Alkan-Hefe Lavera	-	9,40	18,70	-	-
Alkan-Hefe Toprina	-	-	-	9,40	18,80
Mais	59,00	63,00	67,00	63,00	67,00
Sojaschrot (50 % RP)	28,00	14,65	1,50	14,75	1,55
Fischmehl			2,00		
Tierkörpermehl			2,00		
Rindertalg			5,00		
Maisstärke	0,66	0,86	1,02	0,68	0,65
Dicalciumphosphat	1,20	0,72	0,13	1,00	0,69
Calciumcarbonat	1,05	1,35	1,69	1,15	1,35
Kochsalz, jod.	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Vitamin-Vor- mischung ²⁾			0,75		
DL-Methionin ²⁾	0,14	0,07	0,01	0,07	0,01
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

+) Vitamin-Vormischung enthält (auf Soja) in 7,5 g (= pro kg der fertigen Mischung):

Vitamin A	6.000 I.E.	Ca-Pantothenat	5 mg	Spurenelemente (als Sulfate):	
Vitamin D ₃	1.000 I.E.	Nikotinsäure	30 mg		
Vitamin E	10 mg	Vitamin B ₁₂	20 mcg	Mangan	65 mg
Vitamin K ₃	1 mg	Pyridoxin	2 mg	Zink	33 mg
Riboflavin	3 mg	Cholinchlorid	200 mg	Eisen	21 mg
				Kupfer	5 mg

1) Zur Berechnung der protein-äquivalenten Rationen wurde für Alkan-Hefe Lavera 64,2 % Rohprotein (Schreiben des ILOB Wageninngen vom 9.10.1970) und für Alkan-Hefe Toprina 63,7 % Rohprotein (LUFA-Kiel, Geschäftszeichen: F. 3200/Ba 2454/M 1614/69 Ls vom 26.2.1970/Ls) zugrunde gelegt.

2) Die Rationen (6), (7), (8) und (9) enthielten je 0,14 % zugesetztes DL-Methionin.

die Futterrohverwertung (g Futter/g Zunahme) errechnet.

Von allen Versuchsrationen wurden Proben gezogen und deren Rohnährstoffgehalte sowie das Aminosäurenmuster analytisch bestimmt.

Über die Ergebnisse der Rohnährstoffanalyse und der Aminosäurenbestimmungen informieren die Tab. 27 und 28.

Tab. 27

Code-Nr.	Rohnährstoffgehalte der Versuchsrationen								
	Versuch I								
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
% Rohprotein	21,9	21,0	21,3	20,7	20,1	22,0	21,7	21,2	21,1
% Rohfett	9,5	8,3	8,4	8,2	7,9	8,9	9,0	7,6	9,3
% Äsche	5,6	5,2	5,4	5,3	4,7	5,6	5,5	5,2	5,1
% Wasser	9,2	9,7	9,5	8,5	8,1	9,8	9,5	8,4	9,3
% Calcium	1,17	1,05	1,09	1,06	0,93	1,18	1,14	1,13	1,1
% Phosphor	0,76	0,75	0,79	0,80	0,73	0,77	0,77	0,77	0,7

Die analytisch ermittelten Rohnährstoffgehalte der Versuchsrationen stehen in guter Übereinstimmung mit den errechneten Werten. Bedingt durch die als Rechnungsgrundlage herangezogenen zu hohen Werte für den Rohproteingehalt (63,7 % gegenüber 60,7 % tatsächlichem Rohproteingehalt) der Alkan-Hefe Toprina, lagen die Rohproteingehalte der Rationen (4), (5), (8) und (9) etwa 0,5 % unter den Werten der korrespondierenden Lavera-Rationen (2), (3), (6) und (7) Tab. 27).

Die Aminosäurenzusammensetzung der einzelnen Versuchsrationen läßt die Teilbeträge der verschiedenen Rationskomponenten deutlich erkennen (Tab. 28). Der Gehalt an essentiellen Aminosäuren ist mit Ausnahme des Arginins in den Rationen mit dem höchsten Hefeanteil und der Schwefelaminosäuren Methionin und Cystin in den bezogen auf Hefeprotein nicht-methioninergänzten Rationen ausreichend. Die Konzentrationen der essentiellen Aminosäuren (vielleicht mit Ausnahme des Arginins) in den ausreichend methioninergänzten Rationen (1), (6), (7), (8) und (9) lassen im Fütterungsexperiment keine Leistungsdepressionen erwarten.

Tab. 28

Aminosäurenmuster<sup>+) der Versuchsrationen
(Aminosäuren in % vom Rationsprotein)</sup>

Versuch I									
Code-Nr.	(1)	(2)	(6)	(3)	(7)	(4)	(8)	(5)	(9)
Hefe		Lavera-Hefe				Toprina-Hefe			
Hefe-Protein %	0	6	6	12	12	6	6	12	12
Methionin		-	+	-	+	-	+	-	+
% Aminosäuren									
Methionin	2,4	2,1	2,5	2,0	2,3	2,1	2,7	2,0	2,7
Cystin	1,9	1,7		1,6		1,7		1,5	
Lysin	5,8	-		6,3		-		6,1	
Tryptophan	-	-		-		-		-	
Threonin	4,3	4,4		4,5		4,4		4,5	
Valin	5,0	5,1		5,4		5,1		5,3	
Isoleucin	4,5	4,5		4,5		4,5		4,5	
Leucin	9,6	9,5		9,4		9,5		9,6	
Phenylalanin	5,0	4,9		4,8		5,0		4,8	
Tyrosin	3,8	-		3,7		-		3,8	
Arginin	6,8	-		5,1		-		5,3	
Histidin	2,7	-		2,2		-		2,3	
Asparaginsäure	9,9	9,6		9,7		9,8		9,0	
Glutaminsäure	19,5	17,8		17,0		18,2		17,5	
Serin	5,4	5,3		5,2		5,4		5,2	
Glycin	5,5	5,1		5,2		5,0		5,2	
Prolin	6,4	5,8		5,4		6,0		5,6	
Alanin	6,1	6,1		5,9		6,5		7,3	

+) Für die Versuchsrationen, die sich nur in der Höhe ihres Methioninzusatzes unterscheiden, werden die Aminosäurenkonzentrationen (Ausnahme Methionin) im Protein als Mittelwert der Bestimmungen in Methioninmangel- und ausreichend methioninergänzten Rationen wiedergegeben.

Versuchsverlauf:

Der Versuch verlief ohne Störungen. In den Versuchsgruppen (3), (5), (7) und (9) wurde ein geringfügig weicherer Kot abgesetzt als in den anderen Rationsgruppen.

Die Tierverlustrate belief sich für die gesamte Versuchsdauer auf 2,4 %, ohne daß Unterschiede in der Mortalitätsrate zwischen den einzelnen Versuchsgruppen zu beobachten waren. Von der Versuchsauswertung bei Versuchsende wurden weitere 2,4 % der Gesamt tierzahl ausgeschlossen; die betreffenden Küken wurden als Kümmerer (mehrheitlich Perosis) angesprochen. Für die Versuchsrationen 1 - 9 belief sich die Summe der Verluste und Ausschlüsse auf 7, 5, 4, 4, 2, 4, 4, 3 und 6 von je 60 Küken.

Die Versuchsergebnisse (Gewichtsentwicklung und Futterverwertung) wurden varianzanalytisch auf Signifikanz geprüft. Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind in den Tab. A 2 und A 3 wiedergegeben.

3.1.2 Ergebnisse

In der Folge werden die bezogen auf Hefeprotein nicht-methioninergänzten Rationen (2), (3), (4) und (5) als nicht-methioninergänzt, die ausreichend methioninergänzten Rationen (6), (7), (8) und (9) als methioninergänzt bezeichnet.

Bereits 1 Woche nach Versuchsbeginn waren die Körpergewichte der nicht-methioninergänzten Toprina-Gruppen mit 105 bzw. 108 g gegenüber der Kontrollgruppe mit 112 g um durchschnittlich 5 % erniedrigt. Dagegen lagen die Gewichte der methioninergänzten Toprina-Gruppen mit 114 g geringfügig (2 %) über dem Kontrollgruppenwert (Tab. 29).

Nach 4 Wochen ergaben sich allein für die nicht-methioninergänzten Gruppen (3) und (5) (je 12 % Rationsprotein aus Alkan-Hefe Lavera bzw. Toprina) gegenüber der Kontrollgruppe mit $P < 0,01$ signifikante Wachstumsdepressionen, die auch im Vergleich zu den Gruppen (2) und (4) (je 6 % Rationsprotein aus Alkan-Hefe Lavera bzw. Toprina) mit $P < 0,01$ bzw. $P < 0,05$ gesichert waren. Auch innerhalb der methioninergänzten Gruppen lagen die Körpergewichte der Rationsgruppen (7) und (9) mit den jeweils höchsten

Gewichtsentwicklung (Versuch I)

Körpergewicht in g; $\pm$ s (= Standardabweichung)

Relativzahlen in Klammern

Code-Nr.	Lavera-Hefe			Toprina-Hefe			Lavera-Hefe			Toprina-Hefe		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
1. Woche Relativ	112+6 (100)	116+8 (104)	113+9 (101)	105+9 (94)	108+5 (96)	116+7 (104)	114+4 (102)	114+3 (102)	114+6 (102)			
2. Woche Relativ	242+12 (100)	247+14 (102)	237+15 (98)	227+13 (94)	226+10 (93)	248+7 (102)	241+8 (100)	244+4 (101)	235+13 (97)			
3. Woche Relativ	446+14 (100)	448+23 (100)	421+20 (94)	422+18 (95)	402+21 (90)	456+12 (102)	433+17 (97)	455+7 (102)	453+32 (97)			
4. Woche Relativ	679+19 (100)	674+12 (99)	622+29 (92)	655+27 (96)	618+27 (91)	689+6 (101)	665+28 (98)	696+15 (103)	653+39 (96)			
5. Woche Relativ	940+16 (100)	928+17 (99)	846+35 (90)	922+24 (98)	850+37 (90)	960+18 (102)	918+28 (98)	951+26 (101)	906+57 (96)			
6. Woche Relativ	1154+15 (100)	1206+18 (105)	1091+50 (95)	1168+41 (101)	1077+57 (93)	1232+43 (107)	1143+55 (99)	1196+22 (104)	1135+88 (98)			
7. Woche Relativ	1463+52 (100)	1505+25 (103)	1372+49 (94)	1460+56 (100)	1338+94 (91)	1530+41 (105)	1443+31 (99)	1511+65 (103)	1385+110 (95)			

+) $GD_p < 0,1$ = 30 $GD_p < 0,05$ = 36 $GD_p < 0,01$ = 48 $GD_p < 0,001$ = 64 g++) $GD_p < 0,1$ = 38 $GD_p < 0,05$ = 46 $GD_p < 0,01$ = 62 $GD_p < 0,001$ = 82 g+++ $GD_p < 0,1$ = 75 $GD_p < 0,05$ = 91 $GD_p < 0,01$ = 122 g

Hefekonzentrationen im Futter erkennbar unter den Gewichten der Gruppen mit niedrigeren Hefeanteilen in der Ration (665 : 689 bzw. 653 : 696g).

Gewichtsentwicklung und Futterverwertung der Kontrollgruppe bei Versuchsende (1463 g KG und 2,15 g Futter/g Zunahme) müssen als nicht voll befriedigend bezeichnet werden, ohne daß hierfür genaue Ursachen angegeben werden können.

In diesem Zusammenhang darf auf die bei hoher Besatzdichte und entsprechend langer Versuchsdauer möglicherweise besonders ins Gewicht fallende Pen-Interaktion hingewiesen werden, was allerdings auch in gleichem Maße für die anderen Gruppen geltend gemacht werden könnte.

Bei Versuchsende lagen die Körpergewichte der nicht-methioninergänzten Gruppen (2) und (4) (je 6 % Rationsprotein aus Alkan-Hefe Lavera bzw. Toprina) mit 1504 und 1460 g auf etwa gleichem Niveau ($P > 0,1$) wie die der Kontrollgruppe mit 1463 g. Innerhalb der nicht-methioninergänzten Rationsgruppen waren die 7 Wochen-Gewichte der Tiere, deren Rationen jeweils 12 % Rationsprotein aus Alkan-Hefe Lavera bzw. Toprina enthielten, mit 1372 bzw. 1338 signifikant ($P < 0,01$) gegenüber den Gruppen mit geringerer Hefe-Konzentration im Futter erniedrigt.

Diese Tendenz (Leistungsdepression bei der höchsten geprüften Hefe-Konzentration) setzte sich auch innerhalb der methioninergänzten Rationsgruppen (6), (7), (8) und (9) fort. Die 7 Wochen-Gewichte der Lavera-Gruppen (6) und (7) betrugen 1530 bzw. 1443 g (mit $P < 0,1$ gesicherter Unterschied), die der Toprina-Gruppen (8) und (9) 1511 bzw. 1385 g (mit $P < 0,01$ signifikante Differenz).

Eine für die Gruppen (6) und (8) (je 6 % Rationsprotein aus Alkan-Hefe Lavera bzw. Toprina) gegenüber der Kontrollgruppe um 5 bzw. 3 % verbesserte Gewichtsentwicklung war nicht signifikant ($P > 0,1$).

Die Futterverwertung (Tab. 30) entsprach in der Tendenz in etwa der Gewichtsentwicklung. Auch hier lagen unabhängig von der Höhe der vorgenommenen Methioninergänzung die Rohverwertungsdaten der Gruppen, deren Futter 12 % Rationsprotein aus den Hefen

Futtermittelerwertung (Versuch I)

g Futter/g Zunahme; $\pm$ s (= Standardabweichung)

Relativzahlen in Klammern)

Code-Nr.	(1)	Lavera-Hefe		Toprina-Hefe		Lavera-Hefe		Toprina-Hefe	
		(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Rationsprotein aus Hefe (%)	-	6	12	6	12	6	12	6	12
Methionin(1% v. Hefeprotein)	-	-	-	-	-	+	+	+	+
Tierzahl	4x15	4x15	4x15	4x15	4x15	4x15	4x15	4x15	4x15
0.-2. Woche	1,76 $\pm$ 0,19	1,75 $\pm$ 0,15	1,85 $\pm$ 0,17	1,75 $\pm$ 0,19	1,71 $\pm$ 0,16	1,76 $\pm$ 0,09	1,72 $\pm$ 0,16	1,69 $\pm$ 0,16	1,89 $\pm$ 0,20
Relativ	(100)	(99)	(105)	(99)	(97)	(100)	(98)	(96)	(107)
0.-4. Woche	1,79 $\pm$ 0,09	1,84 $\pm$ 0,06	1,96 $\pm$ 0,06	1,78 $\pm$ 0,11	1,85 $\pm$ 0,09	1,75 $\pm$ 0,07	1,79 $\pm$ 0,14	1,71 $\pm$ 0,06	1,91 $\pm$ 0,23
Relativ	(100)	(103)	(110)	(99)	(103)	(98)	(100)	(96)	(107)
0.-6. Woche	2,00 $\pm$ 0,12	2,10 $\pm$ 0,07	2,24 $\pm$ 0,05	2,04 $\pm$ 0,12	2,12 $\pm$ 0,06	2,03 $\pm$ 0,03	2,09 $\pm$ 0,13	2,00 $\pm$ 0,05	2,17 $\pm$ 0,13
Relativ	(100)	(105)	(112)	(102)	(106)	(102)	(105)	(100)	(109)
0.-7. Woche ^{*)}	2,15 $\pm$ 0,10	2,18 $\pm$ 0,13	2,27 $\pm$ 0,06	2,14 $\pm$ 0,08	2,18 $\pm$ 0,09	2,08 $\pm$ 0,03	2,12 $\pm$ 0,06	2,07 $\pm$ 0,04	2,22 $\pm$ 0,11
Relativ	(100)	(101)	(106)	(100)	(101)	(97)	(99)	(96)	(103)

*) $GD_P < 0,1 = 0,10$ $GD_P < 0,05 = 0,12$ g Futter/g Zunahme

Lavera und Toprina enthielt, mit 2,27 und 2,18 (nicht-methioninergänzt) bzw. 2,12 und 2,22 g Futter/g Zunahme (methioninergänzt) deutlich ungünstiger als die entsprechenden Werte der Gruppen mit der niedrigeren Hefekonzentration im Futter (2,18 und 2,13 bzw. 2,08 und 2,07 g Futter/g Zunahme). Vom Kontrollgruppenwert (2,15 g Futter/g Zunahme) war nur die Futterverwertung der Gruppe (3) (12 % Lavera-Protein, nicht-methioninergänzt) mit $P < 0,05$ signifikant verschieden.

Eine ohne Berücksichtigung der Kontrollgruppe vorgenommene Varianzanalyse (Tab. A 2 und A 3) der 7 Wochen-Gewichte weist mit $P < 0,07$ einen Unterschied in der Gewichtsentwicklung zwischen den Lavera-Gruppen (2), (3), (6), (7) (1462 g) und den Toprina-Gruppen (4), (5), (8), (9) (1423 g) aus. Hinsichtlich der Futterverwertung ergaben sich mit 2,16 und 2,15 g Futter/ g Zunahme für die genannten Gruppierungen keine Unterschiede. Methioninzusatz (1 % vom Hefeprotein) beeinflusste das Wachstum mit $P < 0,03$ (1419 : 1467 g Körpergewicht) positiv. Diese Tendenz war auch hinsichtlich der Futterverwertung mit $P < 0,02$ gesichert (2,19:2,12 g Futter/g Zunahme). Die durch die Verwendung der höchsten Hefekonzentration (knapp 19 % im Futter = 12 % Rationsprotein) bewirkte Leistungsdepression war hinsichtlich der Gewichtsentwicklung mit $P < 0,001$ und bezüglich der Futterverwertung mit $P < 0,005$ signifikant.

Aus den Versuchsergebnissen kann auf die gute Verträglichkeit und Verwertung von 10 % Lavera- und Toprina-Hefe in Mastgeflügelrationen geschlossen werden. Bei Verwendung von 20 % Alkan-Hefe (methioninergänzt) waren Leistungsdepressionen erkennbar.

In einem 2. Experiment sollte deshalb geprüft werden, ob möglicherweise 15 % Alkan-Hefen im Geflügelmischfutter ohne Leistungseinbuße vertragen und entsprechend genutzt werden.

3.2 Versuch II (14.9. - 2.11.1971)

3.2.1 Versuchsplan

Die Alkan-Hefen Lavera und Toprina wurden mit 7,5 und 15 % zu Lasten von Fischmehl bzw. Fischmehl und Sojaschrot in ein Allein-

futter zur Geflügelmast mit ^{ca.} 26 % Rohprotein und ca. 3470 kcal U.E./kg eingemischt. Als Kontrollrationen dienten eine Futtermischung mit 7,5 % Fischmehl und ein 2. Alleinfutter, dessen Rationsprotein vorwiegend aus pflanzlichen Futtermitteln resultierte. Alle Rationen waren proteinäquivalent und isokalorisch und wurden mit Methioninergänzung angeboten.

Tab. 31

Code-Nr.	Versuchsplan (Versuch II)					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Fischmehl (%)	7,5	-	-	-	-	-
Alkan-Hefe Lavera (%)	-	7,5	-	15,0	-	-
Alkan-Hefe Toprina (%)	-	-	7,5	-	15,0	-
Tierzahl	8x15	8x15	8x15	8x15	8x15	8x15

Die Versuchsdauer betrug 7 Wochen.

Die Zusammensetzung der proteinäquivalenten (25,7 % Rohprotein) und isokalorischen (3467 kcal U.E./kg) Versuchsrationen ist in Tab. 32 wiedergegeben (für Lavera-Hefe wurden 2500, für Toprina-Hefe 2950 kcal U.E./kg eingesetzt).

Die errechneten Gehalte der Rationen an Rohprotein, Umsetzbarer Energie, Mineralstoffen und Spurenelementen sind in Tab. A 4 aufgelistet.

Tiermaterial: 720 Lohmann-Eintagsküken (B 975) ♂¹.

Versuchsdurchführung:

Die Küken wurden in Käfigen zu je 15 Tieren gehalten. Bei Versuchsbeginn wurden die Tiere nach Zufall auf die Rationsgruppen verteilt. Die Verteilung der Rationsgruppen im Raum (Tab. A 5) war vorher nach Plan festgelegt worden. Futter und Wasser konnten ad libitum aufgenommen werden.

Tab. 32

Rationszusammensetzung (%)

Versuch II

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Fischmehl	7,500	-	-	-	-	-
Alkan-Hefe Lavera	-	7,500	-	15,000	-	-
Alkan-Hefe Toprina	-	-	7,500	-	15,000	-
Sojaschrot (50 % RP)	32,000	31,700	32,900	20,300	22,700	43,100
Mais	43,000	41,350	40,560	46,050	44,300	36,500
Sojaöl	10,000	11,250	10,756	10,610	9,827	11,821
Trockenmagermilch	2					
Grünmehl	2					
Tierkörpermehl	1					
Maisstärke	0,587	-	-	-	-	-
Dicalciumphosphat	0,600	1,170	1,250	0,720	0,900	2,000
Calciumcarbonat	0,400	1,000	1,000	1,300	1,270	0,500
Kochsalz	0,200	0,277	0,277	0,275	0,250	0,300
Spurenelement- Mischung ¹⁾	0,053	0,043	0,047	0,045	0,053	0,069
Vitamin-Vormischung ²⁾	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
DL-Methionin	0,160	0,210	0,210	0,200	0,200	0,210
	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

1) Spurenelementmischung enthält (als Sulfate) in mg/kg Futtermischung:

Mn: 71; Fe: 20; Zn: 47; Cu: 2,5 in Ration (1)

Mn: 71; Fe: 20; Zn: 23; Cu: 2,5 in Ration (2)

Mn: 53; Fe: 40; Zn: 23; Cu: 2,5 in Ration (3)

Mn: 75; Fe: 20; Zn: 23; Cu: 5,0 in Ration (4)

Mn: 36; Fe: 60; Zn: 23; Cu: 5,0 in Ration (5)

Mn: 71; Fe: 40; Zn: 58; Cu: 3,8 in Ration (6)

2) Vitamin-Vormischung (auf Sojafeinmehlbasis) enthält in 5 g (= pro kg Futtermischung):

10.000 I.E. Vitamin A, 1250 I.E. Vitamin D₃, 50 mg Vitamin E, 2 mg Vitamin K₃, 2 mg Thiamin, 4 mg Riboflavin, 2 mg Pyridoxin, 30 mcg Vitamin B₁₂, 12 mg Ca-Pantothenat, 30 mg Nikotinsäure, 400 mg Cholinchlorid und 10 mg CTC.

Kontrollen:

Die Küken wurden bei Versuchsbeginn gruppenweise, nach 2, 4 und 7 Wochen einzeln gewogen. Der Futterverzehr wurde zum Ende der 2., 4. und 7. Versuchswoche bestimmt und daraus die Futterrohverwertung (g Futter/g Zunahme) errechnet.

Von allen Versuchsrationen wurden Proben gezogen und darin die Rohnährstoffgehalte analytisch ermittelt. Über die entsprechenden Ergebnisse unterrichtet Tab. 33.

Tab. 33

Analytisch ermittelte Rohnährstoffgehalte der Rationen
Versuch II

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
% Rohprotein	25,7	26,1	26,1	25,5	25,5	24,7
% Rohfett	12,9	13,9	13,7	13,0	11,1	14,2
% Wasser	7,3	7,3	7,3	7,6	7,3	8,8
% Asche	5,6	5,7	5,4	5,6	5,6	5,8
% Ca	1,01	1,01	0,95	1,04	1,03	1,03
% P	0,79	0,79	0,77	0,80	0,82	0,85

Die analytisch ermittelten Rohnährstoffgehalte der Rationen stehen zu den errechneten Werten in brauchbarer Übereinstimmung (Tab. A 4). Lediglich der Rohfettgehalt der Ration (5) (15 % Toprina) lag mit 11,1 % unter einem erwartbaren Fettgehalt von ca. 13 %.

Versuchsverlauf:

Der Versuch verlief ohne Störungen. Insgesamt verendeten 3,75 % der eingesetzten Küken im Versuchszeitraum. Weitere 5 Tiere mußten wegen ungenügenden Wachstums (7 Wochen-Gewichte unter 1000 g) von der Versuchsauswertung ausgeschlossen werden. Die Summe der Verluste und Ausschlüsse belief sich nach 7 Versuchswochen für die Versuchsgruppen (1) - (6) auf 6, 6, 7, 3, 6 bzw. 5 von je 120 Broilern.

3.2.2 Ergebnisse

Gewichtsentwicklung und Futterverwertung von Versuch II sind in den Tab. 34 und 35 wiedergegeben.

Der hohe Rohprotein- und Energiegehalt der Rationen findet bereits in den 2 Wochen-Gewichten und den dazugehörigen Futterrohverwertungsdaten seinen Niederschlag (Tab. 34 und 35). In der Fischmehlkontrollgruppe (1) wurde ein 14 Tage-Gewicht von 292 g ermittelt bei 1,32 g Futter/g Zunahme. Die Gewichtsentwicklung der Sojakontrollgruppe (6) war um 6 % bei entsprechend verschlechterter Futterverwertung gegenüber der Fischmehlkontrollgruppe verringert. Die Hefe-Versuchsgruppen lagen mit Ausnahme der 15 % Toprina-Gruppe zwischen den beiden Kontrollgruppen.

Diese bereits nach 2 Versuchswochen deutliche Tendenz war noch bei Versuchsende erhalten. Bei etwa durchschnittlicher Gewichtsentwicklung für die Gesamtheit aller Versuchstiere wurde in der Kontrollgruppe (1) ein 7 Wochen-Gewicht von 1559 g, in der Soja-Kontrollgruppe (6) von 1539 g ermittelt. Der mit 1 % nur geringfügige Unterschied in der Gewichtsentwicklung beider Kontrollgruppen war nicht signifikant ($P > 0,1$). Die gleiche Feststellung gilt für die 7 Wochen-Gewichte der 7,5- und 15 %-Lavera-Gruppen mit 1555 bzw. 1547 g sowie auch für die 7,5 %-Toprina-Gruppe mit 1510 g. Deutlich abgefallen war das Wachstum der 15 %-Toprina-Gruppe; das entsprechende 7 Wochen-Gewicht lag mit 1409 g hochsignifikant ($P < 0,001$) unter dem der beiden Kontrollgruppen (1) und (6) (Tab. 34).

Auch in der Futterverwertung bestanden zwischen den Kontrollgruppen Fischmehl und Soja mit 1,74 bzw. 1,78 g Futter/g Zunahme keine Unterschiede ($P > 0,1$) (Tab. 35). Die Futterverwertung der 7,5 %-Lavera-Gruppe war gegenüber der Fischmehl-Kontrollgruppe nur in der Tendenz ($P < 0,1$) mit 1,67 g Futter/g Zunahme verbessert. Auch die Rohverwertungszahl der 15 %-Lavera-Gruppe lag mit 1,69 g Futter/g Zunahme noch unter dem Kontrollgruppen-Niveau (mit 1,76 g Futter/g Zunahme); die Futterverwertung der 15 %-Toprina-Gruppe wurde mit 1,81 g Futter/g Zunahme ermittelt ($P < 0,1$ zur Fischmehl-Kontrollgruppe).

Tab. 34

Gewichtsentwicklung (Versuch II)

Körpergewicht in g $\pm$ s (= Standardabweichung)

Relativzahlen in Klammern

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Fischmehl (%)	7,5	-	-	-	-	-
Alkan-Hefe Lavera(%)	-	7,5	-	15,0	-	-
Alkan-Hefe Toprina(%)	-	-	7,5	-	15,0	-
Tierzahl	114	115	113	117	114	115
Wiederholungszahl	8	8	8	8	8	8
Versuchsbeginn	37 $\pm$ 2	37 $\pm$ 1	37 $\pm$ 1	36 $\pm$ 2	37 $\pm$ 1	36 $\pm$ 2
2 Wochen	292 $\pm$ 8	283 $\pm$ 9	273 $\pm$ 11	273 $\pm$ 12	261 $\pm$ 21	274 $\pm$ 12
Relativ	(100)	(97)	(93)	(93)	(89)	(94)
4 Wochen	786 $\pm$ 38	757 $\pm$ 37	736 $\pm$ 43	737 $\pm$ 38	706 $\pm$ 69	749 $\pm$ 36
Relativ	(100)	(96)	(94)	(94)	(90)	(95)
7 Wochen ¹⁾	1559 $\pm$ 53	1555 $\pm$ 74	1510 $\pm$ 66	1547 $\pm$ 100	1409 $\pm$ 147	1539 $\pm$ 73
Relativ	(100)	(100)	(97)	(99)	(90)	(99)

1) $GD_P < 0,1 = 51$, $GD_P < 0,05 = 90$, $GD_P < 0,001 = 107$ g

Tab. 35

Futterverwertung (Versuch II)
g Futter/g Zunahme $\pm$ s (= Standardabweichung)
Relativzahlen in Klammern

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Fischmehl (%)	7,5	-	-	-	-	-
Alkan-Hefe Lavera (%)	-	7,5	-	15,0	-	-
Alkan-Hefe Toprina (%)	-	-	7,5	-	15,0	-
Tierzahl	114	115	113	117	114	115
Wiederholungszahl	8	8	8	8	8	8
2 Wochen Relativ	1,32 $\pm$ 0,11 (100)	1,36 $\pm$ 0,09 (103)	1,45 $\pm$ 0,09 (110)	1,35 $\pm$ 0,15 (102)	1,46 $\pm$ 0,26 (111)	1,44 $\pm$ 0,11 (109)
4 Wochen Relativ	1,47 $\pm$ 0,08 (100)	1,50 $\pm$ 0,08 (102)	1,49 $\pm$ 0,05 (101)	1,44 $\pm$ 0,07 (98)	1,49 $\pm$ 0,05 (101)	1,54 $\pm$ 0,12 (105)
7 Wochen ¹⁾ Relativ	1,74 $\pm$ 0,10 (100)	1,67 $\pm$ 0,05 (96)	1,73 $\pm$ 0,07 (99)	1,69 $\pm$ 0,09 (97)	1,81 $\pm$ 0,13 (104)	1,78 $\pm$ 0,08 (102)

1) $GD_P < 0,1 = 0,07$, $GD_P < 0,05 = 0,09$, $GD_P < 0,01 = 0,11$ g Futter/g Zunahme

3.2.3 Diskussion der Ergebnisse von Versuch I und II

Die Alkan-Hefen Lavera und Toprina haben sich, wie aus den Ergebnissen beider Versuche geschlossen werden muß, als brauchbare Mischfutterkomponenten im Geflügelmastalleinfutter erwiesen. Diese Feststellung wird durch die zitierten Fütterungsversuche (29 , 53 , 71) und eigene Untersuchungen belegt.

In einer methionin-ergänzten Mais-Soja-Ration konnten 29 % des Rationsproteins durch 9,4 % Alkanhefen im Austausch gegen Sojaprotein ersetzt werden. Die Leistung der beiden Hefe-Gruppen lag noch über dem Kontrollgruppen-Niveau (Versuch I).

7,5 % Fischmehl konnten durch einen gleichhohen Anteil Alkan-Hefe Lavera bzw. Toprina in der Rezeptur eines Geflügelmastalleinfutters ausgetauscht werden. Für die 3 Gruppen wurden gleiche 7 Wochen-Leistungen ermittelt (Versuch II). Die Alkan-Hefen lieferten dabei etwa 19 % des Rationsproteins.

Auch der Ersatz von ca. 38 % des Rationsproteins aus einer Mischung von Fischmehl und Sojaschrot durch 15 % Alkan-Hefe Lavera blieb ohne erkennbaren Einfluß auf Gewichtsentwicklung und Futterverwertung der Versuchstiere (Versuch II).

Die Verwendung von Hefe als Eiweißfuttermittel erfordert (in gleichem Maße etwa wie Sojaschrot) die Ergänzung der Mischfutterration mit Methionin. Die günstige Auswirkung einer Methionin-Ergänzung zu Alkan-Hefe-haltigen Rationen konnte in Versuch I augenfällig belegt werden. Als brauchbare Richtgröße hat sich ein Methionin-Zusatz in Höhe von 1 - 1,2 % des Hefeproteins erwiesen (Methionin- + Cystin-Gehalt des Alkan-Hefe-Proteins 2,5 - 2,7 %; Bedarf des Kükens 3,6 - 3,8 %).

Wenn Alkan-Hefen für 54 % des Rationsproteins als Proteinquelle dienten (ca. 20 % Hefe in der Futtermischung), wurden im Vergleich zur Kontrollgruppe und auch zu Rationen mit niedrigeren Hefekonzentrationen deutliche Leistungsdepressionen beobachtet. Auch diese Ergebnisse stehen in Übereinstimmung mit den zitierten Befunden (29 , 67), nach denen allerdings auch bei Verwendung proteinäquivalenter Fischmehlanteile mit etwa gleichen Leistungsdepressionen gerechnet werden muß.

In den Gruppen mit einem hohen Hefeanteil (18,7 bzw. 18,8 %) im Futter wurde in der Regel immer Kot abgesetzt, dessen Konsistenz im Vergleich zu anderen Gruppen weicher bzw. flüssiger erschien. Möglicherweise liegt nach Einmischung von 20 % Hefe in die Ration eine Verdaulichkeitsdepression der Gesamt-Futternährstoffe vor, welche die beobachtete Leistungsdepression fraglos erklären würde.

Die analytisch ermittelten Aminosäurenmuster der Versuchsrationen in Versuch I lassen ein geringfügiges Arginin-Defizit bei ca. 20 % Hefe in der Ration vermuten. In späteren Untersuchungen (Versuch V und VII) wurde dann gesondert geprüft, ob sich eine Arginin-Ergänzung von Hefeprotein positiv auf den Fütterungserfolg auswirkt.

Die geringe Gewichtsentwicklung und die damit verbundene schlechtere Futterverwertung der 15 % Toprina-Gruppe in Versuch II kann mit dem analytisch ausgewiesenen Minderfettgehalt dieser Ration im Vergleich zu den anderen Rationen in Zusammenhang gebracht werden. Der Energiegehalt der 15 % Toprina-Ration war dadurch verringert, was zwar die schlechtere Futterverwertung, kaum aber das Ausmaß der Wachstumsdepression erklären könnte.

Zwischen den beiden Alkan-Hefe-Herkünften Lavera und Toprina traten in Versuch I und II bei Verwendung von 15 bzw. 20 % Hefe in der Mischung teilweise signifikante Unterschiede auf. Für Toprina-Hefe wurden im Durchschnitt etwas ungünstigere Ergebnisse erhalten als für Lavera-Hefe. Die Gründe für den unterschiedlichen Einfluß beider Hefen auf die Leistung von Mastgeflügel können nicht angeführt werden.

Nach eigenen und Literaturerfahrungen lassen sich bis zu 40 % des Rationsproteins in Geflügelrationen durch Eiweiß der Alkan-Hefen wirkungsgleich ersetzen, wenn gleichzeitig für die Einhaltung einer Schwefelaminosäuren-Konzentration von ca. 3,6-3,8% und eines Arginin-Gehalts von ca. 6 % im Rationsprotein Sorge getragen ist. Daraus ergibt sich als praktische Schlußfolgerung, daß in Geflügelmastrationen etwa 10 - 15 % Alkan-Hefen

aufgenommen werden können, die vom Küken gut vertragen und ausgenutzt werden. Für die Belange der Fütterungspraxis muß die letzte Feststellung als ausreichend und daher befriedigend gelten.

Die Ernährungsphysiologie ist aber an den Ursachen der Leistungsdepression interessiert, die höhere Anteile von Hefen im Mischfutter verbietet. Nach Kenntnis dieser Ursachen wäre auch die Möglichkeit gegeben, beispielsweise durch andere technische Aufbereitungsarten den "Unverträglichkeitsfaktor" zu eliminieren oder aber der Entstehung einer Unverträglichkeit oder auch eines absoluten oder relativen Wirkstoffmangels etwa durch Zusätze gezielt entgegenzuwirken. Eine derartige Betrachtung des Futtermittels Alkan-Hefe ist aber auch besonders aktuell unter dem Aspekt, daß möglicherweise in nicht allzu ferner Zukunft auch Menschen mit dem "Nahrungsmittel" Alkan-Hefe konfrontiert werden.

Als methodisches Vorgehen bot sich an, Rationen mit Alkan-Hefe als alleiniger Proteinquelle zu verwenden, die ansonsten aus "halbsynthetischen", d.h. in ihrer Zusammensetzung und Herkunft besonders genau bekannten Nährstoffträgern zusammengesetzt sind.

3.3 Versuch III (28.7. - 24.8.1971)

In Versuch III sollte die Verwendung von Hefeprotein als Referenzprotein, d.h. als standardisiertes Bezugsprotein in einer halbsynthetischen Kostform für Hühnerküken geprüft werden. Da Hefeprotein-Konzentrate nicht zur Verfügung standen, mußten die originären Alkan-Hefen Lavera und Toprina als Proteinquellen dienen.

3.3.1 Versuchsplan

Auf 3 Proteinstufen (12, 18 und 24 % Rohprotein in der Ration) wurden jeweils beide Alkan-Hefen mit Protein aus Soja, Fischmehl und aus Torula-Hefe verglichen. Aus versuchstechnischen Gründen wurden die Vergleichsproteine als zu Toprina-Hefe proteinäquivalente Mischungen gebildet, um den Anteil der Hauptkomponenten in den fertigen Rationen jeweils gleich halten zu

können. Den Alkan-Hefen Toprina und Lavera mit 60,7 bzw. 67,1 % Rohprotein wurde Fischmehl (64 % RP), eine Mischung aus Soja-extraktionsschrot und isoliertem Sojaprotein¹⁾ mit 61 % RP sowie eine Mischung aus Torula-Hefe (45 % RP) und isoliertem Sojaprotein¹⁾ mit ebenfalls 61 % RP gegenübergestellt.

Hefe-Protein wurde mit DL-Methionin (1,2 % vom Rohprotein) und L-Arginin (1 % vom RP) ergänzt angeboten, Sojaprotein ebenfalls mit 1,2 % vom RP DL-Methionin und Glycin (1 % vom RP) supplementiert. In den Torula-Hefe-Rationsgruppen war das Gesamtprotein mit 1,2 % DL-Methionin ergänzt, dem auf Soja entfallenden Proteinanteil war noch Glycin (1 % vom Soja-RP) zugesetzt.

Alle Rationen waren isokalorisch (ca. 3.700 kcal U.E./kg) gestaltet. Über die Versuchsanlage orientiert Tab. 36.

Beträchtliche Unterschiede weisen die einzelnen Rationen hinsichtlich ihrer Mineralstoff-, Spurenelement- und Vitamingehalte auf. Dies rührt aus verschiedener Konzentration der genannten Substanzen in den vergleichbaren Proteinträgern her, die mit annähernd gleichen Anteilen in den Futtermischungen vertreten waren. Es wurde darauf geachtet, daß das Ca:P-Verhältnis unabhängig von den absoluten Ca- und P-Gehalten der Futtermischung 1,4:1 betrug. Die Vitamin-Vormischung war für alle 15 Rationen gleich gehalten. Über nähere Einzelheiten der Rationsgestaltung informieren die Tab. 37 bzw. die Tab. A 6 - 9.

Der Versuch wurde mit 7 x 20 Küken/Ration (insgesamt 2100 Mastküken ♂ B 975) begonnen und nach 27 Tagen beendet.

Die Küken wurden in Käfigen zu je 20 Tieren gehalten. Sie wurden bei Versuchsbeginn nach Zufall auf die einzelnen Rationsgruppen verteilt, deren Gruppierung im Raum vor Versuchsbeginn nach statistischen Gesichtspunkten festgelegt worden war. Wasser und Futter standen zur ad libitum-Aufnahme zur Verfügung.

Kontrollen:

Nach der 1. und 3. Versuchswoche wurden die Küken in Gruppen, nach der 2. und 4. Woche einzeln gewogen.

1) Purina Assay Protein RP 100 der Ralston Purina, Saint Louis, Missouri.

Versuchsanlage (Versuch III)

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
Stierzahl	7x20	7x20	7x20	7x20	7x20	7x20	7x20	7x20	7x20	7x20	7x20	7x20	7x20	7x20	7x20
Proteinquelle	—	Lavera	—	—	Toprina	—	—	Soja	—	—	Fischmehl	—	Torula-Hefe	—	+ Soja
Prozent des Protein-trägers in der Ration ca.	20	30	40	20	30	40	20	30	40	20	30	40	20	30	40
3 Rationsprotein	12,2	18,2	24,3	12,2	18,2	24,3	12,2	18,2	24,3	12,2	18,2	24,3	12,2	18,2	24,3

Tab. 37

Rationszusammensetzung¹⁾ (%) (Versuch III)

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
Lavera	18,1	27,1	36,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Toprina	-	-	-	20,0	30,0	40,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sojaschrot (50 % RP)	-	-	-	-	-	-	13,6	20,4	27,2	-	-	-	-	-	-
isol. Sojaprotein (Purina RP 100)	-	-	-	-	-	-	6,4	9,6	12,8	-	-	-	7,0	10,5	14,0
Fischmehl (64 % RP)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,0	28,5	38,0	-	-	-
Torula-Hefe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,0	19,5	26,0
Vormischungen ¹⁾	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Vitamin-Vor- mischung	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Zellulose	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Sojaöl	11,3	13,0	14,7	10,2	11,2	12,3	10,4	11,5	12,6	7,8	9,1	10,8	11,6	13,4	15,2
Maisstärke	60,6	49,9	39,1	59,8	48,8	37,7	59,6	48,5	37,4	63,2	52,4	41,2	58,4	46,6	34,8
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

1) Umsetzbare Energie: ca. 3700 kcal/kg Futtermischung

2) Aminosäuren-, Mineralstoff- und Spurenelementvormischungen siehe Tab. A 6, 7 und 8

3) Vitamin-Vormischung siehe Tab. A 9

Der Futterverzehr wurde am Ende der 2. und 4. Woche gemessen und aus diesen Daten die Futterverwertung errechnet.

Versuchsverlauf:

Die Verlustrate von 7,8 % im Mittel aller Gruppen lag über dem erwartbaren Durchschnittswert. Es ist die Tendenz einer mit steigendem Hefeanteil zunehmenden Mortalität zu erkennen, wobei die Toprina-Hefe insgesamt schlechter abschneidet als die Lavera-Hefe. Letztere weist eine Sterblichkeitsrate von im Mittel 9 % auf, während in den Toprina-Hefe-Gruppen 13 % der eingesetzten Küken verendeten.

In den Soja-, Fischmehl- und Torula-Gruppen verhielt sich die Mortalitätsrate umgekehrt proportional zum Anteil des jeweiligen Proteinträgers in der Ration und damit zum Proteingehalt der Ration. Die Gesamtsterblichkeit dieser Gruppen lag mit 4,6 % auch deutlich unter der Verlustrate der Hefegruppen mit 11 %. Ungeklärt blieb die Ursache der hohen Sterblichkeitsrate der 20 % Fischmehl-Gruppe mit 16 %.

Tab. 38

Code-Nr.	Mortalitätsrate (Versuch III)													
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(14)	(15)
Protein- quelle	—Lavera—			—Toprina—			—Soja—			—Fischmehl—			Torula + Soja	
d. Protein- trägers i. d. Ration	20	30	40	20	30	40	20	30	40	20	30	40	30	40
Verlustrate (%)	6	10	22	14	11	28	3	3	1	22	7	3	8	4
Mortalitäts- rate (%)	4	7	16	10	8	20	2	2	1	16	5	2	6	3

Die Küken der Versuchsgruppe (13) (12,1 % Rationsprotein aus Torula-Hefe und Sojaprotein) kümmerten bereits in den ersten 2 Wochen so stark (2 Wochen-Gewicht: 100 g), daß die gesamte Gruppe von der Versuchsauswertung bereits zu diesem Zeitpunkt ausgeschlossen wurde. Als Ursache wird ein Fehler bei der Her-

stellung der Ration angenommen, der im einzelnen nicht geklärt werden konnte.

3.3.2 Ergebnisse

Bereits 1 Woche nach Versuchsbeginn zeichneten sich deutliche Wachstumsunterschiede zwischen den verschiedenen Proteinträger-Gruppen ab. Die Differenzen, die auf ein mengenmäßig abgestuftes Proteinangebot zurückzuführen wären, waren dagegen weniger deutlich ausgeprägt. Bei Versuchsende traten jedoch auch zwischen den verschiedenen Proteinkonzentrationen im Futter signifikante Unterschiede in Wachstum (Tab. 39) und Futterverwertung (Tab. 40) auf.

Im Mittel der Lavera- (Toprina-) Gruppen (1) - (3) wurden nach 27 Versuchstagen 278 (240) g Körpergewicht gemessen. Dieser Wert lag um 48 (55) % bzw. 46 (54) % signifikant ($P < 0,001$) unter dem korrespondierenden Soja- bzw. Fischmehlgruppengewicht mit 538 bzw. 519 g. Dieselbe Tendenz läßt sich auch aus den Rohverwertungsdaten erkennen. Hier können 1,76 bzw. 1,88 g Futter/g Zunahme der Soja- bzw. Fischmehlgruppen 2,62 g Futter/g Zunahme als Mittelwert aus beiden Alkan-Hefe-Gruppen gegenübergestellt werden. Die Differenzen waren ebenfalls signifikant ($P < 0,001$).

Die durch das quantitativ unterschiedliche Proteinangebot bewirkten Wachstumsunterschiede waren deutlich ($P < 0,001$) zu erkennen, was von der Versuchsanlage her auch hatte erwartet werden müssen. Ca. 12 und 18 % Rationsprotein unterschreiten den Bedarf des schnell wachsenden Mastküens, der mit ca. 20 % RP angegeben wird (79), erheblich. 24 % Rationsprotein dürften unter den gewählten Versuchsbedingungen (3.700 kcal U.E./kg Futter) voraussichtlich auch nur als knapp ausreichend bezeichnet werden, da die vom NRC genannte Bedarfszahl (20 % RP) sich auf eine Energiedichte von 2.750 kcal U.E./kg Futter bezieht.

Im Mittel aller Lavera-, Toprina-, Soja- und Fischmehl-Gruppen wurden in der 12 % Rohproteinstufe 243 g 27-Tage-Gewicht gemessen. Dieser Wert wird bei 18 bzw. 24 % Rationsprotein mit

Tab. 39

Gewichtsentwicklung (Versuch III)

Körpergewicht in g + s (Standardabweichung)

Relativzahlen in Klammern

e-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(14)	(15)
teinträger	Lavera-Hefe			Toprina-Hefe			Soja			Fischmehl			Tortula + Soja	
Protein- ger i.d. ion	20	30	40	20	30	40	20	30	40	20	30	40	30	40
ations- tein	12,2	18,2	24,3	12,2	18,3	24,4	12,2	18,2	24,3	12,2	18,2	24,3	18,2	24,3
rzahl	7x20	7x20	7x20	7x20	7x20	7x20	7x20	7x20	7x20	7x20	7x20	7x20	7x20	7x20
Woche	85±5	103±3	108±3	72±3	90±4	97±8	87±3	116±5	119±3	82±4	105±4	125±8	103±5	115±6
Woche	137±8	182±6	183±10	106±12	151±7	163±10	158±7	239±11	264±10	138±8	218±10	275±18	184±9	226±13
Relativ	(87)	(76)	(69)	(67)	(63)	(62)	(100)	(100)	(100)	(87)	(91)	(104)	(77)	(86)
Woche	180±18	266±23	244±24	137±19	212±16	220±16	243±17	417±24	478±18	204±17	385±23	496±32	294±19	361±20
Woche ¹⁾	214±24	328±51	291±45	169±35	274±23	276±32	322±30	593±24	700±29	267±24	563±45	728±37	396±28	504±30
Relativ	(66)	(55)	(42)	(52)	(46)	(39)	(100)	(100)	(100)	(83)	(95)	(104)	(62)	(72)

1) $GD_p < 0,05 = 36$, $GD_p < 0,01 = 48$, $GD_p < 0,001 = 62$ g

Tab. 40

Kumulative Futtermittelverwertung (Versuch III)
g Futter/g Zunahme $\pm$ s (Standardabweichung)

Probe-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(14)	(15)
Proteinträger	Lavera-Hefe		Toprina-Hefe		Soja		Fischmehl		Torula + Soja					
d. Proteinträger i.d. Rationsprotein	20	30	40	20	30	40	20	30	40	20	30	40	30	40
12,2	18,2	24,3	12,2	18,3	24,4	12,2	18,2	24,3	12,2	18,2	24,3	18,2	24,3	24,3
erzähl	7x20	7x20	7x20	7x20	7x20	7x20	7x20	7x20	7x20	7x20	7x20	7x20	7x20	7x20
Wochen	2,44	1,82	1,55	2,85	2,11	1,87	2,13	1,45	1,22	2,22	1,54	1,20	1,98	1,40
$\pm$ s	0,28	0,13	0,23	0,32	0,11	0,21	0,15	0,07	0,07	0,12	0,13	0,06	0,16	0,14
Relativ	(115)	(126)	(127)	(134)	(146)	(153)	(100)	(100)	(100)	(104)	(106)	(98)	(137)	(115)
Wochen ¹⁾	3,07	2,28	2,32	3,30	2,37	2,39	2,31	1,63	1,34	2,62	1,70	1,33	2,21	1,59
$\pm$ s	0,23	0,26	0,29	0,43	0,11	0,25	0,13	0,05	0,08	0,20	0,10	0,04	0,14	0,08
Relativ	(133)	(140)	(173)	(143)	(145)	(178)	(100)	(100)	(100)	(113)	(104)	(99)	(136)	(119)

1) $GD_{P, 0,05} = 0,21$, $GD_{P, 0,01} = 0,28$, $GD_{P, 0,001} = 0,37$ g Futter/g Zunahme

440 bzw. 499 g um 181% bzw. 205 % überschritten. Die korrespondierenden Futterverwertungsdaten wurden mit 2,83; 2,00 bzw. 1,85 g Futter/g Zunahme ermittelt.

Eine derartige nach Gruppen geordnete Betrachtungsweise wird den Ergebnissen aber nur unzureichend gerecht. Mit zunehmendem Hefeanteil in der Ration erhöhte sich die Wachstumsdifferenz zu den Soja- und Fischmehlkontrollgruppen. Während beispielsweise bei 12 % Rationsprotein in der Lavera-Gruppe (1) 214 g 27-Tage-Gewicht gemessen wurde, welches um 34 % unter dem korrespondierenden Soja-Gruppenwert (7) von 322 g lag, betrug die vergleichbare Differenz auf der 24 % Rationsproteinstufe 58 % (291 g Lavera-Gruppe (3), 700 g Soja-Gruppe (9)). Auch hier folgen die Rohverwertungsdaten den Verhältnissen der Gewichtsentwicklung.

Wie in den vorangegangenen Versuchen I und II wurden auch hier mit Lavera-Hefe stets die besseren Ergebnisse erzielt als mit Toprina-Hefe. Dieser Unterschied wurde bisher in der Literatur nicht beschrieben. Allerdings wurden Hefe-Prüfrationen der hier angewandten Typen ebenfalls nicht verwendet. Wenn die hier aufgeführte Differenz nicht zufällig durch die hier im Tierexperiment verfütterten Hefechargen bedingt sein sollte, muß daran gedacht werden, daß in Toprina-Hefe auch ein Anteil von Restkohlenwasserstoffen anzutreffen ist, der im Falle der Lavera-Hefe durch den abschließenden Extraktionsprozeß sicher entfernt wurde. Auf den die Gewichtsentwicklung negativ beeinflussenden Effekt von Restkohlenwasserstoffen haben BOCK et al. ausdrücklich hingewiesen.

Entsprechende Analysendaten über die hier verwendeten Hefechargen können nicht vorgelegt werden.

In der Fischmehlgruppe (12) (24 % Rationsprotein) wurde mit 728 g das höchste 27-Tage-Gewicht erreicht. Es überrascht aber, daß auf der niedersten Proteinstufe (12 %) eine deutliche Unterlegenheit der Fischmehlgruppe (267 g) gegenüber der Soja-Gruppe (322 g) zutage trat. Sicher weist auch Fischmehl, ähnlich wie das Alkan-Hefe-Protein ein relativ ungünstiges Arginin-Lysin-Verhältnis (5,8 % : 8,0 %) im Protein auf. Wenn die mit $P < 0,01$

signifikante Wachstumsdepression der Fischmehlgruppe bei 12 % Rationsprotein aber auf diese Aminosäurenimbalance zurückgeführt werden könnte, dann müßte derselbe Sachverhalt auch für die 24 % Protein-Fischmehlgruppe gelten. Hier hatte aber die Fischmehlgruppe sogar noch geringfügig (4 %) günstiger abgeschnitten als die Sojakontrollgruppe.

Die Aussage, die aus den Ergebnissen der Torula-Gruppen (14) und (15) gewonnen werden kann, ist relativ gering, da in diesen Gruppen nur jeweils 48 % des Rationsproteins aus der Torula stammten, den Rest lieferte isoliertes Sojaprotein. Die in diesen Gruppen (14) und (15) gemessenen 27-Tage-Ergebnisse liegen - fast erwartungsgemäß - etwa in der Mitte zwischen den Alkan-Hefe-Daten und den Werten der Sojakontrollgruppen.

In den 30-, besonders aber in den 40 % Hefe-Gruppen (2), (5) und (3), (6) wurde deutlich mehr und wässrigerer Kot abgesetzt als in den anderen Versuchsgruppen.

Dieser Befund legt zusammen mit der hier deutlich überhöhten Mortalitätsrate (13 %) gegenüber dem sonstigen Versuchsmittel (5 %) den Schluß nahe, daß hier eine Unverträglichkeitserscheinung vorliegt. Über den diese Unverträglichkeit auslösenden Faktor erlaubt die Versuchsanlage keine Aussage.

Da die hohe Mortalitätsrate bei Verfütterung von Rationen mit 30 und 40 % Alkan-Hefen nach den bisher bekannten und zitierten Untersuchungen nicht hatte erwartet werden dürfen, wurde ein Teil dieses Versuches unter weitgehend gleichen Bedingungen wiederholt.

3.4 Versuch III b (19.10. - 16.11.1971)

Als weitere Fragestellung sollte in diesem Versuch geprüft werden, ob möglicherweise der Nucleinsäuren-Gehalt der Alkan-Hefen mit der beobachteten Wachstumsdepression in Zusammenhang steht.

3.4.1 Versuchsplan

40 % Lavera- bzw. Toprina-Hefe wurden mit einer proteinäquiva-

lenten Mischung aus Sojaschrot und isoliertem Sojaprotein (68 : 32) verglichen. Die Rationen unterschieden sich kaum von den Futtermischungen (3), (6) bzw. (9) des Versuchs III. Abweichend von Versuch III war hier Hefeprotein wie Sojaprotein mit Glycin angereichert (1 % vom RP). Außerdem wurde eine Soja-Versuchsgruppe eingerichtet, in deren Ration 2,4 % des Sojaproteins durch einen proteinäquivalenten Anteil Nucleinsäuren-Stickstoffs ersetzt waren.

Dadurch sollte geklärt werden, ob die wachstumsdepressiven Eigenschaften der Hefe zum Teil auf deren Gehalt an Nucleinsäuren zurückzuführen seien (SHANNON und McNAB fanden ca. 6 % Nucleinsäuren in n-Paraffinhefe). Über die Versuchsanlage orientiert Tab. 41.

Tab. 41

Code-Nr.	Versuchsanlage (Versuch III b)			
	(11)	(12)	(13)	(14)
Tierzahl	3x10	3x10	3x10	3x10
Proteinquelle	Lavera	Toprina	Soja	Soja + Nucleinsäuren
% des Protein- trägers in der Ration ca.	40	40	40	36,0 Soja 2,6 Nucleinsäuren
% Rationsprotein	24,3	24,3	24,3	24,3

Die Angaben über die Zusammensetzung der Rationen finden sich in Tab. A 10.

Der Versuch dauerte 4 Wochen und wurde mit 120 Masteintagsküken ♂ (Lohmann B 975) durchgeführt.

Versuchsdurchführung:

Die Tiere wurden in beheizten Käfigen zu je 10 Tieren gehalten. Zu Versuchsbeginn wurden sie in gewichtsgleiche Gruppen eingeteilt und nach Zufall auf die Rationen verteilt. Wasser und Futter konnten nach freier Wahl aufgenommen werden.

Kontrollen:

Die Küken wurden jede Woche einzeln gewogen. Der Futterverzehr wurde für denselben Zeitraum gemessen. Die Futterrohverwertung wurde folglich für jede Versuchswoche errechnet.

Versuchsverlauf:

In den Rationsgruppen (11) und (12) verendeten 18 (60 %) bzw. 13 (43 %) von 30 Tieren, während in den beiden Sojagruppen keine Verluste verzeichnet wurden.

3.4.2 Ergebnisse

Bei einer Tierzahl von 3 x 10 Küken/Versuchsgruppe läßt sich das versuchsbedingte Ausmaß der Verluste nur schlecht schätzen. Insofern sind die hier gemessenen Mortalitätsziffern in ihrer Größenordnung mit den Daten von Versuch III nicht zu vergleichen. Aus Versuch III b kann nur - allerdings in Übereinstimmung mit Versuch III - abgeleitet werden, daß die Verfütterung von halbsynthetischen Rationen mit ca. 40 % Alkan-Hefen als alleiniger Proteinquelle eine gegenüber Sojakontrollgruppen stark überhöhte Verlustrate zur Folge hat.

Die bei Versuchsende auswertbare Tierzahl belief sich in den Versuchsgruppen (11) und (12) nur noch auf 12 bzw. 17 Küken. Dadurch ist die Aussagefähigkeit des Versuchs, besonders was die direkte Vergleichbarkeit der in diesen Gruppen gemessenen Daten mit den korrespondierenden Werten von Versuch III angeht, erheblich eingeschränkt.

Erfahrungsgemäß werden in dem für Versuch III b zur Verfügung stehenden Stallraum in der Regel geringere Wachstumsraten erreicht als in den bisher verwandten Ställen. Dieser Unterschied ist versuchstechnisch bedingt.

Über Gewichtsentwicklung und Futterverwertung informiert Tab. 42.

Die durchschnittlichen Körpergewichte der Lavera- bzw. Toprina-Gruppen betrugen nach 28 Versuchstagen nur 187 bzw. 181 g. Sie lagen damit um 72 bzw. 73 % unter dem korrespondierenden Sojagruppennwert mit 661 g. Parallel dazu war der Futterverbrauch der Hefe-

Tab. 42

Gewichtsentwicklung - Futterrohverwertung - Mortalität
(Versuch III b)

Relativzahlen in Klammern

Code-Nr.	(11)	(12)	(13)	(14)
Rationstyp	Lavera-Hefe	Toprina-Hefe	Soja	Soja + Nucleinsäuren
Proteinquellen(%)				
Lavera	36,2	-	-	-
Toprina	-	40	-	-
Sojaschrot	-	-	27	24,5
Sojaprotein RP 100	-	-	13	11,5
Nucleinsäuren	-	-	-	2,6
Tierzahl	3x10	3x10	3x10	3x10
Körpergewicht (g ± s)				
1. Woche	91±2	89±4	108±10	110±2
2. Woche	144±7	146±6	244±14	248±6
Relativ	(59)	(60)	(100)	(102)
3. Woche	175±44	164±5	433±9	433±8
4. Woche ¹⁾	187±27	181±3	661±8	655±19
Relativ	(28)	(27)	(100)	(99)
g Futter/g Zunahme (± s)				
1. Woche	1,27±0,11	1,39±0,08	1,06±0,09	1,12±0,03
2 Wochen	1,70±0,36	1,61±0,46	1,20±0,08	1,30±0,17
Relativ	(142)	(134)	(100)	(108)
3 Wochen	2,62±0,50	2,60±0,16	1,26±0,02	1,24±0,03
4 Wochen ²⁾	3,12±0,41	3,68±0,23	1,37±0,06	1,35±0,08
Relativ	(228)	(269)	(100)	(99)
Verlustrate (%)	60	43	0	0

1) $GD_P < 0,001 = 83 \text{ g}$

2) $GD_P < 0,001 = 0,98 \text{ g Futter/g Zunahme}$

Gruppen auf 3,12 bzw. 3,68 g/g Zunahme erhöht (Sojagruppe: 1,37 g/g Zunahme).

Auch in diesem Versuch schnitt Toprina-Hefe etwas ungünstiger ab als Lavera-Hefe. Die Differenz kommt hier allerdings weniger in der Wachstumsrate als vielmehr in den Futterverwertungsdaten (Lavera: 3,12; Toprina: 3,68 g Futter/g Zunahme) zum Ausdruck.

Der Ersatz von 2,4 % des Sojaproteins durch 2,4 % [Stickstoff x 6,25] aus Nucleinsäuren (Versuchsgruppe (14)) blieb ohne Einfluß auf die Versuchsergebnisse. Damit ergibt sich ein gewisser Widerspruch zu den Untersuchungen von LABIB und HEWITT (1972). Die Autoren reduzierten in einer Ration mit 18 % Rohprotein, die ca. 12 % RP aus Soja und Fischmehl enthielt, den auf diese Komponente entfallenden Proteinanteil äquivalent zu 1,9 % Nucleinsäure-Zusatz. Hier zeichnete sich nach 1 Versuchswoche eine leichte Wachstumsdepression ab, die nach weiteren 2 Versuchswochen Signifikanzniveau erreichte.

In diesem Versuch erreichte der Ribonucleinsäuren-Stickstoff x 6,25 (= "Rohprotein") 9,7 % des Gesamt-Rationsproteins. Im vorliegend besprochenen Experiment III entfielen auf den Nucleinsäuren-Zusatz 10 % des Gesamt-N. Insofern hätten wegen des auf Rationsprotein bezogen gleichen Nucleinsäure-Zusatzes keine unterschiedlichen Ergebnisse erwartet werden dürfen. Möglicherweise kommt hier dem Gesamt-Proteinangebot eine entscheidende Rolle zu. Die Ration^{edv}, welche LABIB und HEWITT verwendeten, enthielten 18 % Rohprotein. Aus einem vorangegangenen Experiment geben die Autoren die Wachstumsrate ihrer Soja-Fischmehlkontrollgruppe in der 2. - 4. Lebenswoche (3 Versuchswochen) mit 21,6 g/Tag an. In der hier beschriebenen Soja-Kontrollgruppe (13) mit 24,3 % Rationsprotein betrug die korrespondierende Zunahmerate - entsprechend dem höheren Proteinangebot - 26,3 g/Tag. Es kann nicht ausgeschlossen werden, daß in der Soja-Kontrollration (13) und in der Soja-Nucleinsäuren-Ration (14) der Bedarf an essentiellen Aminosäuren weitgehend gedeckt war.

Dem steht nicht entgegen, daß früher (S.82) ein Proteingehalt von 24 % in einer Ration mit ca. 3.700 kcal U.E./kg als suboptimal bezeichnet wurde. In Versuch III b wurde ein maximales 4 Wochen-Gewicht von 661 g erreicht. Für diese Leistung, die aus versuchstechnischen Gründen (Haltung u.a.) limitiert war, dürften hingegen 24 % Rationsprotein ausgereicht haben.

In vollsynthetischen Rationen ähnlicher Energiedichte, in denen der Proteinanteil aus einer Mischung kristalliner Aminosäuren resultierte, hatten sich ca. 19 % Rationsprotein als bedarfsdeckend erwiesen (26,32).

Sicher aber unterschritt das von LABIB und HEWITT gewählte Proteinangebot auch hinsichtlich der essentiellen Aminosäuren den Bedarf von Küken erheblich. Insofern kann die dort beobachtete Wachstumsdepression nach Nucleinsäure-Gaben auf eine Reduzierung essentieller Aminosäuren zurückgeführt werden. Sie muß nicht mit einer potentiellen Wirkung der Nucleinsäuren als Unverträglichkeits-Faktor in Zusammenhang stehen.

Insofern lassen sich die widersprüchlichen Ergebnisse aus dem vorgelegten Versuch III b und den zitierten Daten brauchbar erklären.

3.5 Versuch IV (19.11. - 7.12.1971)

Von SCHWARZ und FOLTZ wurde 1958 berichtet, daß Lebernekrosen bei Ratten experimentell durch eine Torula-Hefe-Diät erzeugt werden, gleichzeitig aber durch Zugabe von Vitamin E bzw. Selen verhütet werden können.

Deshalb wurde Versuch IV begonnen. Hier sollte geprüft werden, ob und inwieweit Zusätze von Selen oder/und Vitamin E zu Erdölhefe-Rationen sich auf das Wachstum von Hühnerküken auswirken. Da bestimmte Vitamine des B-Komplexes, wie Riboflavin und Niacin, außerdem Ca-Pantothenat und Cholin besonders in der n-Paraffin-Hefevnächgewiesen wurden, sollte außerdem geprüft werden, ob eine auf den Vitamingehalt dieser Hefe abgestimmte Vitaminierung des Kükenfutters Vorteile erwarten läßt.

3.5.1 Versuchsplan:

6 verschiedene Hefe-Rationen mit ca. 12 % Rohprotein, denen 0,3 ppm ^{Selen} und/oder Vitamin E (erhöhte Dosierung) in einer auf den originären Vitamingehalt der beiden Alkan-Hefen zugeschnittenen "Spezialvitaminvormischung" zugesetzt waren, wurden mit einer Sojakontrollration verglichen.

Bei 24 % Rationsprotein aus Lavera-Hefe sollte das absolute Leistungsvermögen einer 40 % Lavera-Ration - Selen- und Vitamin E ergänzt - geprüft werden. Weiter wurde versucht, diesen Rationstyp durch Zusatz von 100 ppm CTC in seiner Effizienz zu steigern.

Die genaue Versuchsanlage zeigt Tab. 43.

Alle Rationen enthielten ca. 3.700 kcal U.E./kg.

Tab. 43

Code-Nr.	Versuchsanlage (Versuch IV)								
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Tierzahl	4x18	4x18	4x18	4x18	4x18	4x18	4x18	4x18	4x18
RP-Quelle	—Lavera—	——Toprina——					Soja	—Lavera—	
% RP-Quelle		20	20	20	20	20	20	40	40
% RP		12	12	12	12	12	12	24	24
Selen (0,3 ppm) ¹⁾		+	-	-	+	+	-	+	+
Sonder-Vitamin-Vormischung		-	-	+	-	+	-	+	+
CTC(100 ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-	+

1) als $\text{Na}_2\text{SeO}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$

Alle Heferationen waren methionin- (1,2 % vom RP) arginin- (1,0 % vom RP) und glycinergänzt (1,0 % vom RP); Sojaprotein wurde nur mit Methionin (1,2 % vom RP) und Glycin (1 % vom RP) supplementiert angeboten.

Über die Zusammensetzung der Rationen informiert Tab. 44.

Rationszusammensetzung (%)

Versuch IV

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Alkan-Hefe Lavera	18,1	18,1	-	-	-	-	-	36,2	36,2
Alkan-Hefe Toprina	-	-	20,0	20,0	20,0	20,0	-	-	-
Sojaschrot (50 % v. RP)	-	-	-	-	-	-	13,6	-	-
isol. Sojaprotein	-	-	-	-	-	-	6,4	-	-
Purina RP 100	-	-	-	-	-	-	6,0	-	-
Vormischungen ^{1) 2) 3)}	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Vitamin-Vormischung I ⁴⁾	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Vitamin-Vormischung II ⁵⁾	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Chlortetracyclin ⁶⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25
Zellulose	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Sojaöl	11,3	11,3	10,2	10,2	10,2	10,2	10,4	14,7	14,7
Maisstärke	60,6	60,6	59,8	59,8	59,8	59,8	59,6	39,1	38,85
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

1) Aminosäuren-Vormischung siehe Tab. A 11

2) Mineralstoff-Vormischung siehe Tab. A 12

3) Spurenelementvormischung siehe Tab. A 13

4) Vitamin-Vormischung I siehe Tab. A 14

5) Vitamin-Vormischung II siehe Tab. A 15

6) Chlortetracyclin als Aurofac 40 der Fa. Cyanamid GmbH München

In den Sonder-Vitamin-Vormischungen war der Gehalt an Vitamin E von 25 mg auf 100 mg/kg Futter angehoben; außerdem war die Menge an Riboflavin, Nikotinsäure, Ca-Pantothenat und Cholinchlorid um den Betrag gekürzt, den 20 bzw. 40 % Hefe einbrachten.

Versuchsdurchführung:

Versuch IV wurde mit 504 männlichen Broilerküken des Typs Lohmann B 975 durchgeführt, die zu Versuchsbeginn 10 Tage alt waren. Sie wurden in Käfigen zu je 18 Tieren gehalten. Die Verteilung auf die Rationsgruppen erfolgte nach Zufall. Die einzelnen Rationsgruppen wurden gleichmäßig über den Raum verteilt. Wasser und Futter konnten ad libitum aufgenommen werden. Nach 14 Tagen wurde der Versuch beendet.

Kontrollen:

Nach 7 Versuchstagen wurden die Küken in Gruppen, nach 19 Tagen einzeln gewogen. Der Futterverzehr wurde am Ende des Versuches gemessen. Aus diesen Daten wurde die Futterrohverwertung errechnet.

Versuchsverlauf:

Der Versuch verlief störungsfrei. Die durchschnittliche Verlustziffer bewegte sich bei 2 %. Die Anzahl der verendeten Tiere betrug für die Gruppen (1) bis (9) 0, 1, 3, 0, 1, 1, 1, 3 und 0 von je 72 Tieren.

3.5.2 Ergebnisse

Die Analysendaten der Futterrohnährstoffe (siehe Tab. A 16) stehen in brauchbarer Übereinstimmung mit den errechneten Werten. Der Rohproteingehalt der Toprina-Hefe wurde bei der Rationsberechnung allerdings geringfügig unterbewertet. Der dadurch entstandene Unterschied im Rohproteingehalt zwischen den Rationen (1) und (2) bzw. (3) - (6) ist jedoch so gering ausgefallen, daß ein Einfluß auf die Gewichtsentwicklung nicht erwartet werden durfte.

Nach der 1. Versuchswoche lag das mittlere Gewicht der Soja-gruppe (7) mit 258 g bereits deutlich über den Gruppengewichten der Hefe-Tiere, die im Mittel der Lavera-Gruppen (1) und (2) 225 g und für die Toprina-Gruppen (3) - (6) 216 g betrugen (Tab.45]

Tab. 45

Gewichtsentwicklung und Futterverwertung (Versuch IV)
(Körpergewicht (g+s), Relativzahlen in Klammern)
Alter der Tiere bei Versuchsbeginn: 10 Tage

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Tierzahl	4x18	4x18	4x18	4x18	4x18	4x18	4x18	4x18	4x18
Futterquelle	—Lavera	—	—	—Toprina	—	—	Soja	—Lavera	—
Rationsprotein	—	—	12	—	—	—	—	24	—
elen	-	+	-	-	+	+	-	+	+
onder-Vitamin-ormischung	-	-	-	+	-	+	-	+	+
TC	-	-	-	-	-	-	-	-	+
ersuchsbeginn	159±8	159±8	159±8	159±8	159±7	159±8	159±7	159±8	159±8
ersuchswoche	224±10	226±9	211±9	219±10	218±11	216±10	258±9	273±16	274±9
ersuchsende ¹⁾	329±13	363±21	308±20	328±20	315±8	323±10	430±11	493±23	494±42
9 Tage	(77)	(84)	(72)	(76)	(73)	(75)	(100)	(115)	(115)
Relativ									
utterverwertung									
Futter/g Zunahme	3,15±0,13	3,03±0,32	3,55±0,37	3,44±0,36	3,27±0,45	3,39±0,47	2,36±0,35	2,05±0,32	1,94±0,20
9 Tage	(133)	(128)	(150)	(146)	(139)	(144)	(100)	(87)	(82)
Relativ									

1) $GD_P < 0,05 = 31$, $GD_P < 0,01 = 41$, $GD_P < 0,001 = 55$ g2) $GD_P < 0,05 = 0,51$, $GD_P < 0,01 = 0,68$, $GD_P < 0,001 = 0,91$ g Futter/g Zunahme

Schon nach dieser Zeitspanne schien ein geringer Einfluß der Sonder-Vitamin-Vormischung bzw. Selenergänzung auf die Gewichtsentwicklung der Toprina-Tiere gemessen werden zu können. Die Tiere der Toprina-Kontrollgruppe (3) wogen 211 g, während die Gewichte der "sondervitamierten" (4), der selenergänzten (5) bzw. der "sondervitamierten" und selenergänzten Toprina-Gruppe (6) 219, 218 bzw. 216 g betrugen. Die Selenergänzung der Lavera-Ration (2) blieb nach einer Versuchswoche ohne Wirkung auf die Wachstumsrate der Tiere. Die Küken der selenergänzten Lavera-Gruppe (2) wogen 226 g, die der Lavera-Kontrollgruppe (1) 224 g.

Nach 19 Versuchstagen betrug das mittlere Gewicht der Sojagruppe (7) 430 g/Tier und unterschied sich damit hochsignifikant ($P < 0,001$) von den Durchschnittsgewichten der Hefe-Gruppen (1)-(6), die mit 346 g für die Lavera-Gruppen bzw. 319 g für die Toprina-Gruppen gemessen wurden.

Jetzt waren deutliche Effekte der Selenergänzung bzw. eines erhöhten Vitamin E-Zusatzes (von 25 auf 100 ppm) sowie der Korrektur des Vitamingehaltes der Ration erkennbar. Die Küken der selenergänzten Lavera-Gruppe (2) wogen 363 g (84 % des Sojakontrollgruppenwertes). Im Vergleich dazu betrug das mittlere Körpergewicht der Lavera-Kontrollgruppe (1) 329 g (77 % des Sojakontrollgruppenwertes). Der Selen-Effekt war hier mit $P < 0,03$ signifikant.

Ohne signifikante ($P > 0,05$) Wirkung dagegen blieb der Selenzusatz in den Toprina-Gruppen. 308 g Körpergewicht der Toprina-Kontrollgruppe (3) stehen 315 g der selenergänzten Toprinagruppe (5) gegenüber.

Durch die Abstimmung des Vitamingehaltes der Ration auf den Vitaminanteil der Hefen sowie eine zusätzliche Vitamin E-Gabe gelang es, die Körpergewichte deutlicher ($P > 0,05$) (von 308 auf 328 g) anzuheben. Die zusätzliche Ergänzung dieses Rationstyps (5) mit Selen (Ration (6)) erbrachte ebenfalls keine weitere Gewichtszunahme. Damit war ein Selen-Zusatz in allen geprüften Toprina-Gruppen unwirksam geblieben.

Die Futtermittelverwertungszahlen entsprachen in der Tendenz der Gewichtsentwicklung: Die Sojakontrollgruppe (7) wies eine Futtermittelverwertung von 2,36 g Futter/g Zunahme auf, während die Hefe-

Gruppen (1) - (6) im Mittel 3,31 g Futter/g Zunahme verbraucht hatten. Die beste Hefe-Futtermittelverwertung wurde in der selen-ergänzten Laveragruppe (2) mit 3,03 g Futter/g Zunahme gemessen. Der Wert der Laveravergleichsgruppe (1) betrug 3,15 ($P > 0,05$).

Die Futtermittelverwertung der Toprina-Gruppen (3) - (6) war mit 3,41 erkennbar schlechter ausgefallen als die der Laveragruppen (1) und (2) mit 3,09 g Futter/g Zunahme. Die Toprina-Werte, die sich im Bereich zwischen 3,27 und 3,55 g Futter/g Zunahme bewegten, unterschieden sich kaum voneinander.

Die Gewichtsentwicklung der 24 % Rohprotein-Gruppen (8) und (9) mit Laveragruppe als einziger Proteinquelle war hochsignifikant ($P < 0,001$) besser verlaufen als die der 20 % Rohprotein-Sojakontrollgruppe. Im Mittel der Laveragruppen (8) und (9) wurden nach 19 Versuchstagen 494 g gemessen, in der Sojagruppe (7) dagegen nur 430 g/Tier.

Ein solcher Unterschied hatte nicht erwartet werden dürfen, wenn die Ergebnisse von Versuch III zum Vergleich herangezogen werden. Hier war das 4 Wochen-Gewicht der Laveragruppe mit 24 % Rationsprotein mit 291 g gemessen worden; in der Sojagruppe mit nur 12 % Rationsprotein waren 322 g erreicht worden.

Daß im jüngst durchgeführten Versuch IV dieses Verhältnis nicht mehr auftrat, daß vielmehr in den Laveragruppen ein signifikant ($P < 0,001$) höheres Versuchsendgewicht erreicht werden konnte, wird als Ausfluß der Selen- und/oder der erhöhten Vitamin E-Ergänzung der Laverarationen sowie des höheren Tieralters bei Versuchsbeginn betrachtet.

Obwohl keine Analysendaten über den Selengehalt der Laverahefe vorliegen, kann aus den vorgelegten tierexperimentellen Daten auf einen relativen bzw. absoluten Selen-Untergehalt der Laverahefe geschlossen werden. In Anbetracht des Vitamin E-Zusatzes (25 ppm) zu den Laverakontrollrationen und Selenbedarfsangaben von SCOTT, NESHEIM und YOUNG (1969) mit 0,1 - 0,15 ppm für das Küken wird angenommen, daß die Selen-Konzentration der Laverahefe $< 0,1$ mg/kg liegt.

Für Toprina-Hefe scheint ein gleicher Schluß nicht ohne weiteres zulässig zu sein. Hier sind die Versuchsergebnisse wesentlich we-

niger eindeutig ausgefallen, obwohl diese Tendenz zu einer verbesserten Gewichtsentwicklung infolge Selen-Zusatzes bzw. einer Vitamin E-Gabe von zusätzlich 75 ppm durchaus zu erkennen war. Möglicherweise könnte auch für Toprina-Hefe ein allerdings geringerer Selen-Untergehalt als in Lavera-Hefe angenommen werden. Es kann gleichfalls nicht ausgeschlossen werden, daß die eventuell in Toprina vorhandenen Faktoren, die bisher in allen Versuchen Toprina-Hefe schlechter als Lavera-Hefe hatten abschneiden lassen, als "wachstumsdepressive" Faktoren eine deutlichere Selen-Respons in den Toprina-Gruppen verhinderten.

3.6 Versuch V (18.4. - 2.5.1972)

Der Vergleich von Soja- und Fischmehlprotein mit Hefeprotein in halbsynthetischen Rationen bei Küken war für die Alkan-Hefen relativ ungünstig ausgefallen (Versuch III). Auch nach Arginin-Ergänzung (1,2 % vom Hefeprotein) war eine Leistungsgleichheit zu Sojaprotein nicht zu erreichen, obwohl eine arginin-ergänzte Hefe, zusammen mit einer Selen/Vitamin E-Supplementierung eine deutliche Verbesserung hinsichtlich Wachstum und Futterverwertung zur Folge hatte (Versuch IV).

Deshalb wurden die Versuche, Alkan-Hefe als Referenzprotein bei Küken einzusetzen, vorerst abgebrochen.

Es erschien dagegen sinnvoll, mehrere Tastversuche mit geringem Aufwand durchzuführen. Für diese Zwecke bot sich die Wachtel (*Coturnix Coturnix japonica*) als Versuchstier an, dessen Eignung für Proteinbewertungsstudien als bewiesen gelten konnte (20,21,74,75). Zudem zeichnet sich das Wachtelküken bei hoher Wachstumsintensität durch einen absolut geringen Futterverzehr aus. Dadurch war es möglich, mit einer geringen zur Verfügung stehenden Resthefemenge mehrere Versuche bei uneingeschränkter Aussagefähigkeit, d.h. ausreichender Wiederholungszahl, durchzuführen.

Zuerst sollte geprüft werden, ob Lavera- bzw. Toprina-Protein tatsächlich einer Argininergänzung bedarf, wenn es als alleiniges Rationsprotein eingesetzt wird.

3.6.1 Versuchsplan:

Die Hefen Lavera bzw. Toprina wurden mit ca. 20 und 30 % entsprechend 12,1 und 18,2 % Rationsprotein, in halbsynthetische Rationen eingebracht, deren Basis Maisstärke bildete. Als Vergleichsprotein diente neben Fischmehl wieder eine proteinäquivalente Mischung aus Sojaschrot und isoliertem Sojaprotein. Alle Rationen waren isokalorisch (3.400 kcal U.E./kg). Die Versuchsanlage geht aus Tab. 46 hervor.

Tab. 46

Code-Nr.	<u>Versuchsanlage</u> (Versuch V)									
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Tierzahl	4x10	4x10	4x10	4x10	4x10	4x10	4x10	4x10	4x10	4x10
Protein- quelle	Soja	—Lavera—	Toprina	Fisch-Soja mehl	—Lavera—	Toprina	Fisch- mehl			
% des Prote- inträgers	20,0	18,1	18,1	20,0	19,0	30,0	27,1	27,1	30,0	28,5
% Rations- protein	12,2	12,1	12,1	12,1	12,2	18,2	18,2	18,2	18,3	18,2
DL-Methionin	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-
L-Arginin	-	-	+	+	+	-	-	+	+	+
Glykokoll	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-

Alle Rationen (Ausnahme Fischmehl) wurden mit DL-Methionin ergänzt (1,2 % vom RP): Toprina-Hefe wurde argininergänzt (2,5% v.RP), Lavera-Hefe mit (3,1 % vom RP) und ohne Argininsupplementierung angeboten. Die Menge des Argininzusatzes war abhängig vom Lysingehalt des Hefetyps so gewählt, daß ein Lysin:Arginin-Verhältnis wie 1 : 1 entstand. Auch Fischmehl wurde nach diesem Gesichtspunkt mit Arginin (1,8 % vom RP) ergänzt. Den Sojarationen wurde auch Glycin zugegeben (1 % vom RP). Der Versuch wurde über 2 Wochen durchgeführt.

Die Zusammensetzung der Rationen ist in Tab. 47 aufgezeigt.

Tab. 47

Rationszusammensetzung (%)

Versuch V

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Alkan-Hefe Lavera	-	18,1	18,1	-	-	-	27,1	27,1	-	-
Alkan-Hefe Toprina	-	-	-	20,0	-	-	-	-	30,0	-
Sojaschrot (50 % RP)	13,6	-	-	-	-	20,4	-	-	-	-
isol. Sojaprotein (Purina Rp 100)	6,4	-	-	-	-	9,6	-	-	-	-
Fischmehl (64 % RP)	-	-	-	-	19,0	-	-	-	-	28,5
Vormischungen (25 %)	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Vitamin-Misch- ung	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Zellulose	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Sojaöl	4,7	5,4	5,7	4,6	2,0	5,6	7,0	7,5	5,58	3,6
Maisstärke	64,3	65,5	65,2	64,4	68,0	53,4	54,9	54,4	53,42	56,9
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,00	100,0

1) Aminosäuren-Vormischung siehe Tab. A 17

2) Mineralstoff-Vormischung siehe Tab. A 18

3) Spurenelement-Vormischung siehe Tab. A 19

4) Vitamin-Vormischung siehe Tab. 20

Die Hefefuttermischungen dieses und der folgenden Versuche wurden ohne Selen-Zusatz, dafür aber mit 100ppm Vitamin E-Ergänzung hergestellt, da in Versuch IV keine Unterschiede zwischen beiden Supplementen aufgetreten waren.

Tiermaterial:

400 acht Tage alte Wachtelküken, die bis zu Versuchsbeginn mit relativ proteinarmem Futter (~ 21 % RP) ernährt worden waren. Das Gewicht der Tiere betrug zu Beginn des Experiments im Mittel 20,5 Gramm.

Versuchsdurchführung:

Die Wachtelküken wurden in Käfigen zu je 10 Tieren gehalten. Die Wachtelhaltung ist im einzelnen von ZUCKER et al. (1967) beschrieben. Die Küken wurden bei Versuchsbeginn in gewichtsgleiche Gruppen eingeteilt und nach Zufall auf die Rationsgruppen verteilt. Eine Trennung nach Geschlecht konnte nicht vorgenommen werden, da die geschlechtsspezifischen Unterschiede in der Farbe der Brustbefiederung erst nach der 3. Lebenswoche zuverlässig erkannt werden können.

Kontrollen:

Nach der 1. Versuchswoche wurden die Küken gruppenweise, nach der 2. Woche einzeln gewogen. Für jede dieser Zeitspannen wurde der Futterverzehr bestimmt und aus diesen Daten die Futterrohverwertung errechnet.

Die analytisch ermittelten Rohnährstoffdaten der Versuchsfuttermischungen (Tab. A 21) stehen in brauchbarer Übereinstimmung zu den errechneten Werten.

Versuchsverlauf:

Der Versuch verlief störungsfrei. 2,25 % der Tiere verendeten. Es entfielen auf die Rationsgruppen (2), (3), (4), (5) und (10) 1, 3, 2, 1 und 2 Verluste von je 40 Küken.

3.6.2 Ergebnisse

Die Tendenz, die aus den Ergebnissen bereits nach einer Versuchswoche abzulesen ist, veränderte sich im wesentlichen bis Versuchsende nicht mehr (Tab. 48).

Auf beiden Proteinstufen waren schon nach der 1. Woche die Zunahmen der Sojatiere von den Hefegruppen deutlich abgegrenzt. 12,2 % Sojaprotein im Futter verbesserten das Körpergewicht um 9,8 g, von 20,5 bei Versuchsbeginn auf 30,3 g, während die entsprechenden Hefegruppen im Durchschnitt nur 6,5 g zugenommen hatten. Auch die Fischmehl-Küken blieben in ihrer Entwicklung hinter den Soja-Tieren zurück. Ihre Zunahmerate erreichte mit 8,7 g pro Tier nach der 1. Versuchswoche 89 % der Soja-Kontrollgruppe (Hefegruppen: nur 66 %).

Die Ergebnisse nach der 1. Versuchswoche der Rationsgruppen (6) - (10), deren Rohproteingehalt ca. 18 % betrug, zeigen dieselbe Tendenz auf. Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind jedoch deutlich zu erkennen. Die Zunahmen der Soja-Tiere lagen hier mit 17,2 g im Mittel 4 g über den durchschnittlichen Zunahmedaten der Hefe-Gruppen mit 13,2 g. Die Fischmehl-Gruppe dieser Proteinstufe blieb mit 15,9 g pro Tier nur um 8 % hinter der Soja-Gruppe zurück, lag aber auch hier um 20 % besser als die Hefe-Gruppen.

Bei Versuchsende wurden in der 12 % Sojaproteingruppe 26 g Zunahme/Wachtelküken gemessen. Davon unterschied sich signifikant ($P < 0,001$) der korrespondierende Wert der Lavera-Gruppe (2) mit nur 16,7 g. Die Wirkung einer Argininergänzung von Lavera-Hefe (3,2 % vom RP) war deutlich ausgeprägt (Zunahmesteigerung von 16,7 auf 19,3 g, $P < 0,1$). In der ebenfalls argininergänzten Toprina-Gruppe (4) wurde mit 20,8 g ein nahezu gleiches Zunahmeniveau erzielt. In der Fischmehl-Gruppe (5) gelang es mit 22,8 g /Küken nicht ($P < 0,05$) eine der Sojagruppe (1) vergleichbare Zunahmerate zu erreichen.

Hier sind deutliche Parallelen zu Versuch III an Lühnerküken zu erkennen. Auch dort war bei ca. 12 % Rationsprotein Fischmehl einem methionin- und glycinergänzten Sojaprotein deutlich un-

Gewichtsentwicklung¹⁾ und Futterverwertung (Versuch V)
Zunahmen in g $\pm$ s, g Futter/g Zunahme
Relativzahlen in Klammern

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Proteinquelle	Soja	—Lavera—	Toprina	Toprina	Fisch- mehl	Soja	—Lavera—	Toprina	Fisch- mehl	
% Rationsprotein	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2
Argininzusatz	-	-	+	+	+	-	-	+	+	+
Methioninzusatz	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-
Glycinzusatz	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Tierzahl	4x10	4x10	4x10	4x10	4x10	4x10	4x10	4x10	4x10	4x10
1. Versuchswoche	9,8±0,2 (100)	5,9±1,0 (60)	6,1±1,3 (62)	7,5±0,7 (77)	8,7±0,8 (89)	17,2±2,1 (100)	11,3±1,1 (66)	13,7±0,8 (80)	14,5±1,3 (84)	15,9±1,6 (92)
2. Versuchswoche ²⁾	26,0±2,3 (100)	16,7±1,7 (64)	19,3±1,6 (74)	20,8±1,7 (80)	22,8±2,0 (88)	38,9±3,5 (100)	28,7±2,4 (74)	33,2±0,7 (85)	34,5±2,0 (89)	38,3±1,1 (98)
g Futter/g Zunahme										
1. Versuchswoche	3,98	5,72	6,10	5,05	3,81	2,52	3,37	2,93	3,00	2,38
+ s	0,01	1,12	1,08	0,40	0,25	0,09	0,24	0,11	0,23	0,10
Relativ	(100)	(144)	(153)	(127)	(96)	(100)	(134)	(116)	(119)	(94)
2. Versuchswoche ³⁾	4,01	5,43	5,10	5,00	3,94	2,69	3,58	3,23	3,33	2,87
+ s	0,29	0,52	0,34	0,45	0,38	0,26	0,21	0,12	0,13	0,09
Relativ	(100)	(135)	(127)	(125)	(98)	(100)	(133)	(120)	(124)	(107)

1) Gewicht zu Versuchsbeginn: 20,5 g/Tier

2) $GD_p < 0,05 = 30$, $GD_p < 0,01 = 40$, $GD_p < 0,001 = 5,4$ g3) $GD_p < 0,05 = 0,46$, $GD_p < 0,01 = 0,62$, $GD_p < 0,001 = 0,82$ g Futter/g Zunahme

terlegen. Bei Erhöhung der Proteinkonzentration im Futter klingt hier wie in Versuch III dieser Effekt erkennbar ab. Diese Parallele verdient besondere Erwähnung, da hier (Versuch V) Fischmehlprotein wegen seines weiten Lysin:Argininverhältnisses von ca. 1,4:1 argininergänzt angeboten wurde.

Bei ca. 18 % Rationsprotein wurde in der ^{Soja-}Gruppe (6) und in der Fischmehl-Gruppe (10) 38,9 bzw. 38,3 g Zunahme ermittelt.

Auch bei einem erhöhten Proteinangebot bewirkte Hefe als alleiniges Rationsprotein eine signifikante ($P < 0,05$) Wachstumsdepression. Argininzusatz (3,1 % vom Hefeprotein) hob die Zunahmen der Lavera-Gruppe (7) von 28,7 g auf 33,2 g in der Lavera-Gruppe (8) ($P < 0,05$) an. Zwischen der Lavera-Gruppe (8) und der Toprina-Gruppe (9) bestanden keine nennenswerten Differenzen bezüglich der Zunahmeleistung.

Die Futterrohverwertungsdaten folgten in der Tendenz den Unterschieden in der Gewichtsentwicklung. 18 % Rationsprotein hatten mit 3,14 g Futter/g Zunahme erwartungsgemäß eine bessere Futterverwertung bewirkt als 12 % Rationsprotein (4,69 g/g). Die Werte der Soja- und Fischmehlgruppen (1) bzw. (6) und (5) bzw. (10) lagen mit 3,35 g Futter/ g Zunahme bzw. 3,41 dicht beieinander und ihrerseits deutlich günstiger als der Mittelwert aller Hefegruppen mit 4,28 g Futter/g Zunahme .

Im Mittel beider Proteinstufen wurde als Effekt der Arginin-Ergänzung von Lavera-Protein eine Futtereinsparung von 0,34 g Futter/ g Zunahme errechnet.

Trotz Methionin- und Arginin-Ergänzung (sowie entsprechendem Vitamin E-Zusatz) war es nicht gelungen, mit den Hefen Lavera und Toprina gleiche Leistungen wie mit Soja oder Fischmehl zu erreichen. Nach den bisher vorliegenden Ergebnissen konnte nicht geklärt werden, ob die verbleibende Differenz weiter auf eine nicht optimal ausgeglichene Zusammensetzung des Alkan-Hefe-Proteins oder auf eine sonstige abträgliche Eigenschaft des Futtermittels Hefe zurückzuführen ist. In Versuch VI sollte zur Beantwortung dieser Frage ein Beitrag geleistet werden.

3.7 Versuch VI (29.V. - 19.VI.1972)

2 verschiedene Rationstypen wurden gebildet, deren einer mit 19 % Rohprotein für das Wachtelkücken als suboptimal anzusprechen war, deren anderer mit 38 % Rohprotein den Proteinbedarf des Wachtelkükens (max. 32 % in den ersten 3 Lebenswochen (74)) sicher überschritt. Von letzterem Rationstyp wurde angenommen, daß infolge des Proteinüberangebots eventuell vorhandene Unausgeglichheiten im Hefeprotein die Wachstumsrate weiter nicht würden beeinflussen können.

3.7.1 Versuchsplan

Auf 2 Proteinstufen (19 und 38 % RP) wurden eine Mischung beider Alkan-Hefen (Lavera : Toprina = 1:1) mit einer Mischung von Sojaextraktionsschrot und isoliertem Sojaprotein sowie mit Fischmehl verglichen. In 2 weiteren Hochproteinrationen entfiel jeweils die eine Hälfte des Rationsproteins auf die Alkan-Hefen, die andere auf Soja bzw. Fischmehl.

Die Versuchsanlage ist in Tab. 49 wiedergegeben.

Tab. 49

Versuchsanlage (Versuch VI)

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
% Rationsprotein	19	19	19	38	38	38	38	38
Alkan-Hefen (%)	-	30	-	-	30	60	30	-
Fischmehl (%)	-	-	30	-	-	-	30	60
Soja (%)	30	-	-	60	30	-	-	-
Tierzahl	5x10	5x10	5x10	5x10	5x10	5x10	5x10	5x10

Alle Rationen waren isokalorisch gestaltet (3.140 kcalU.E./kg Futter). Hefeprotein wurde mit 2,8 % vom Rohprotein L-Arginin- und mit 1,2 % vom RP DL-Methionin-ergänzt eingesetzt. Fischmehl wurde mit 1,8 % vom RP L-Arginin-, Sojaprotein mit 1,2 % vom RP DL-Methion- sowie mit 1,3 % vom RP Glycin-supplementiert.

Über die genaue Rationszusammensetzung orientiert Tab. 50 sowie die Tab. A 20, A 22 - A 24.

Tab. 50

Rationszusammensetzung (%)

Versuch VI

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Alkan-Hefe Lavera	-	15,0	-	-	15,0	30,0	15,0	-
Alkanhefe Toprina	-	15,0	-	-	15,0	30,0	15,0	-
Sojaschrot (50 % RP)	21,4875	-	-	42,9125	21,425	-	-	-
isol. Sojaprotein (Purina RP 100)	10,1125	-	-	20,1875	10,075	-	-	-
Fischmehl (64 % RP)	-	-	30,0	-	-	-	29,9	60,0
Vormischungen ^{1) 2) 3)}	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Vitamin-Vormischung ⁴⁾	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Zellulose	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Sojaöl	0,9	1,8	3,3	4,6	5,5	7,4	4,6	3,5
Maistasstärke	55,5	56,2	54,7	20,5	21,0	20,6	20,5	24,5
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

1) Aminosäuren-Vormischung siehe Tab. A 22

2) Mineralstoff-Vormischung siehe Tab. A 23

3) Spurenelement-Vormischung siehe Tab. A 24

4) Vitamin-Vormischung siehe Tab. A 20

Tiermaterial:

400 Wachteleintagsküken, deren Körpergewicht bei Versuchsbeginn (1. Lebenstag) ca. 7,5 g pro Tier betrug, wurden in gewichtsgleiche Gruppen zu je 5 x 10 Tieren eingeteilt.

Versuchsdurchführung:

Die Gruppen wurden nach Zufall auf die Rationen verteilt. Die Küken wurden in Käfigen auf Drahtrosten gehalten, wo sie Wasser und Futter ad libitum aufnehmen konnten. Nach 3 Wochen wurde der Versuch beendet.

Kontrollen:

Die Tiere wurden nach der ersten und zweiten Versuchswoche gruppenweise, nach der dritten Woche einzeln gewogen. Für diese Zeitabschnitte wurde der Futterverzehr gemessen und die Futterrohverwertung errechnet.

Die Rohnährstoffgehalte der Rationen, die in Tab. A 25 wiedergegeben sind, bestätigen die vom Versuchsplan geforderten Werte.

Versuchsverlauf:

Der Versuch verlief ohne nennenswerte Störungen. Die Gesamt-Mortalitätsrate war mit 11 % relativ hoch ausgefallen. In der Rationsgruppe (1) und (4) verendeten nur je 2 Tiere, während in den Gruppen (2), (3), (5), (6) (7) und (8) je 5, 7, 9, 7, 7 und 5 Küken verendeten. Damit wurde in beiden Sojakontrollgruppen die geringste Verlustrate gemessen (4 %).

3.7.2 Ergebnisse

Über die Versuchsergebnisse unterrichtet Tab. 51.

Nach der ersten Wiegung - 7 Tage nach Versuchsbeginn - hatte die 30 % Fischmehl-Gruppe (3) mit 7,9 g fast ebensoviel zugenommen wie die entsprechende Soja-Gruppe (1) mit 8,1 g. Die Zunahme der Hefe-Rationsgruppe (2) mit ebenfalls 19 % Rohprotein im Futter lag mit 6,3 g um 22 % unter dem Wert der Soja-Kontrollgruppe. Diese Unterschiede blieben in ihrer Größenordnung bis Versuchsende erhalten. Die Fischmehl-Gruppe (3) blieb allerdings merklich hinter der Leistung der Soja-Gruppe (1) zurück. Bei

Gewichtsentwicklung und Futterverwertung (Versuch VI)

Code-Nr.	Zunahme (g $\pm$ s), g Futter/g Zunahme Relativzahlen in Klammern									
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)		
Tierzahl	5x10	5x10	5x10	5x10	5x10	5x10	5x10	5x10	5x10	5x10
Lrdölhefe (% d. Ration)	-	30	-	-	30	60	30	-	-	-
Fischmehl (% d. Ration)	-	-	30	-	-	-	30	60	-	-
Soja (% d. Ration)	30	-	-	60	30	-	-	-	-	-
Rationsprotein (%)	19	19	19	38	38	38	38	38	38	38
1. Versuchswoche	8,1 $\pm$ 0,6 (100)	6,3 $\pm$ 0,9 (78)	7,9 $\pm$ 3,2 (98)	11,8 $\pm$ 2,1 (100)	11,1 $\pm$ 2,6 (94)	9,8 $\pm$ 2,2 (83)	11,3 $\pm$ 2,1 (96)	11,6 $\pm$ 3,5 (98)	-	-
Relativ										
2. Versuchswoche ¹⁾	28,5 $\pm$ 2,1 (100)	23,2 $\pm$ 1,5 (81)	27,6 $\pm$ 6,4 (97)	38,5 $\pm$ 1,3 (100)	38,7 $\pm$ 1,4 (101)	34,4 $\pm$ 5,5 (89)	37,7 $\pm$ 2,0 (98)	38,1 $\pm$ 3,6 (99)	-	-
Relativ										
3. Versuchswoche ²⁾	50,9 $\pm$ 1,4 (100)	41,3 $\pm$ 3,1 (81)	45,2 $\pm$ 3,5 (89)	61,9 $\pm$ 3,1 (100)	61,7 $\pm$ 3,3 (100)	53,7 $\pm$ 4,5 (87)	63,3 $\pm$ 2,8 (102)	62,4 $\pm$ 3,0 (101)	-	-
Relativ										
g Futter/g Zunahme										
2 Versuchswochen ³⁾	2,27 $\pm$ 0,14 (100)	2,55 $\pm$ 0,11 (112)	2,85 $\pm$ 0,34 (126)	1,79 $\pm$ 0,07 (100)	1,85 $\pm$ 0,04 (103)	2,11 $\pm$ 0,16 (118)	1,84 $\pm$ 0,10 (103)	1,59 $\pm$ 0,16 (89)	-	-
Relativ										
3 Versuchswochen ⁴⁾	2,64 $\pm$ 0,13 (100)	3,05 $\pm$ 0,18 (116)	3,18 $\pm$ 0,36 (120)	2,23 $\pm$ 0,13 (100)	2,40 $\pm$ 0,12 (108)	2,81 $\pm$ 0,38 (126)	2,15 $\pm$ 0,08 (96)	1,98 $\pm$ 0,13 (89)	-	-
Relativ										

1) $GD_{P < 0,05} = 4,5$, $GD_{P < 0,01} = 6,2$, $GD_{P < 0,001} = 8,0$ g2) $GD_{P < 0,05} = 4,1$, $GD_{P < 0,01} = 5,6$, $GD_{P < 0,001} = 7,2$ g3) $GD_{P < 0,05} = 0,20$, $GD_{P < 0,01} = 0,27$, $GD_{P < 0,001} = 0,36$ g Futter/g Zunahme4) $GD_{P < 0,05} = 0,28$, $GD_{P < 0,01} = 0,38$, $GD_{P < 0,001} = 0,49$ g Futter/g Zunahme

Versuchsende unterschieden sich 45,2 g Zunahme der Fischmehl-Gruppe ($P < 0,01$) von 50,9 g der 30 %-Soja-Gruppe, jedoch nicht von den 41,3 g der Hefe-Gruppe (2).

In den Gruppen mit ca. 38 % Rationsprotein wurde eine insgesamt gesehen wesentlich höhere Zunahmerate (60,6 g) als in den proteinärmer versorgten Gruppen (1) - (3) gemessen (45,8 g).

Die geringste Wachstumsleistung (53,7 g) bei gleichzeitig schlechterster Futterverwertungszahl (2,81 g Futter/g Zunahme) wurde in der 60 % Hefe-Gruppe gemessen. Diese Leistungsdepression erreichte im Vergleich zu allen anderen proteinäquivalenten Rationen Signifikanz ($P < 0,01$).

Zwischen der 60 % Soja- und der 60 % Fischmehl-Gruppe waren hinsichtlich der Zunahme mit 61,9 g bzw. 62,4 g keine Unterschiede zu beobachten; die Futterverwertung war mit 1,98 g Futter/g Zunahme in der Fischmehlgruppe (8) nicht signifikant ($P > 0,05$) besser als in der Soja-Kontrollgruppe (4) mit 2,23 g/g ausgefallen.

Es bleibt festzuhalten, daß in den Rationsgruppen (5) und (7), deren Rationen jeweils zur Hälfte des Proteinträgers Alkan-Hefen und zur anderen Hälfte Soja bzw. Fischmehl enthielten, eine gleiche Gewichtsentwicklung auftrat wie in den entsprechenden Kontrollgruppen (4) bzw. (8). Nur die Futterverwertungsdaten lagen immer (um 8 bzw. 9 %) unter den korrespondierenden Werten der beiden Kontrollgruppen. Diese Differenz kann möglicherweise aus einer falschen Einschätzung des Brennwertes der Alkan-Hefen, der für Lavera mit 2500, für Toprina mit 2950 kcal U.E./kg entsprechend den einschlägigen Untersuchungen angenommen wurde, herrühren.

Insgesamt gesehen war es damit aber erstmals gelungen, in Rationen mit 30 % Alkan-Hefe, die im Austausch gegen Soja oder Fischmehl eingesetzt wurden, weitgehende Leistungsgleichheit zu den entsprechenden Kontrollgruppen zu erreichen. Dieser Befund kann 2-fach interpretiert werden. Es darf nicht ausgeschlossen werden, daß bei 19 % Rationsprotein aus Hefen und einem gleich

hohen Anteil aus Soja- bzw. Fischmehlprotein eine Art Ergänzungswirkung auftritt. Die beiden zugänglichen Daten über die Proteinzusammensetzung und damit über das Aminosäurenmuster erlauben allerdings keinen Hinweis, der das Entstehen dieser Ergänzungswirkung erklären konnte. In Versuch VII sollten deshalb die im Tierexperiment an der Wachtel den Wert des Hefeproteins limitierenden Aminosäuren gesucht und die bestehenden Vorstellungen überprüft werden.

Falls die relativ guten tierexperimentellen Daten, die mit den 30 % Hefe- und 30 % Soja- bzw. 30 % Fischmehl-Rationen erzielt wurden, tatsächlich auf einer Ergänzungswirkung beruhen sollten, muß gleichzeitig weiter vermutet werden, daß die Alkan-Hefen diese in theoretischer Hinsicht defizitäre Substanz nur in relativ geringer Menge enthalten. Dies wird gefolgert aus dem Befund, daß selbst ein den Proteinbedarf der Wachtel um ca. 19 % überschreitendes Hefe-Proteinangebot nicht in der Lage war, dieses Defizit auszugleichen.

Die von SHACKLADY und GATUMEL (1972) referierten Befunde über maximale NPU-Werte bei Verwendung eines Gemisches von Maisprotein und Hefeprotein im Verhältnis 1:1 stimmen mit dieser Vorstellung von einer Ergänzungswirkung überein.

Völlig unabhängig von der bisher vorgetragenen Hypothese müßte auch daran gedacht werden, daß die Alkan-Hefen einen ebenfalls unbekannten abträglichen Faktor enthalten, dessen Einfluß auf die Leistung von Versuchstieren beim gleichzeitigen Vorliegen anderer Proteinträger offensichtlich zurücktritt.

3.8 Versuch VII (5.7. - 26.7.1972)

Wie sich aus eigenen und anderen Untersuchungen chemisch-analytischer und tierexperimenteller Natur ergeben hatte, konnten bisher bereits Methionin und auch Arginin als limitierende Aminosäuren des Alkan-Hefeproteins für Geflügel bezeichnet werden. Es sollte aber unter Bezugnahme auf die oben näher dargelegten Überlegungen geprüft werden, ob im Hefeprotein noch weitere limitierende Aminosäuren zu suchen sind, ob die bisher gewählten Zusätze an Methionin und Arginin mengenmäßig ausreichen, oder aber etwa Aminosäuren-Imbalancen auftreten. Damit würde gleichzeitig unterstellt, daß die Verfügbarkeit der einzelnen Hefe-Aminosäuren unterschiedliche Zahlenwerte annimmt.

Zu diesem Zweck wurde eine von MORAN et al. (1970) publizierte Technik herangezogen, welche die Autoren zur Bestimmung der limitierenden Aminosäuren in verschiedenen Weizen-Mühlennachprodukten mit Erfolg angewandt hatten.

3.8.1 Versuchsplan

Einer halbsynthetischen Basalration mit suboptimalem Proteinangebot aus 30 % Erdölhefe (Lavera : Toprina = 1 : 1), deren Protein mit 1,2 % DL-Methionin und 2,8 % L-Arginin-(als L-Arginin-HCL)

Ergänzung angeboten wurde, waren 3 % Rationsprotein zugelegt in Form einer modifizierten Aminosäurenmischung, die sich als solche in Versuchen mit einer vollsynthetischen Diät an Hühnerküken als bedarfsdeckend erwiesen hatte (26, 32).

Die von GROPP und KÖNIG publizierte Aminosäurenmischung, die aus 15 Aminosäuren besteht, wurde für den vorliegenden Zweck um die nichtessentiellen Aminosäuren Glutaminsäure und Prolin reduziert. Sie enthielt die 11 für das Küken essentiellen Aminosäuren sowie L-Cystin und L-Tyrosin. Ihre auf 100 Teile auslaufende Zusammensetzung ist in Tab. 52 wiedergegeben.

Tab. 52

<u>Aminosäurenmischung (%)</u>	
L-Lysin-HCl	12,03
L-Arginin-HCl	12,03
L-Histidin-HCl	3,98
L-Tyrosin	6,14
L-Tryptophan	2,32
L-Phenylalanin	7,30
DL-Methionin	5,31
L-Cystin	3,49
L-Threonin	6,56
L-Leucin	12,28
L-Isoleucin	7,30
L-Valin	7,39
Glycin	13,87
	100,00

Über die Versuchsanlage unterrichtet Tab. 53.

Tab. 53

Versuchsanlage (Versuch VII)

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
% Hefeprotein	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
AS-Zusatz zu Hefeprotein													
% DL-Methionin	1,2	1,2	-	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
% L-Arginin	2,8	2,8	2,8	2,8	-	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
AS-Anreicherung	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Fehlende AS der AS-Mischung	-	-	Met	Met	Arg	Arg	Lys	Trp	Thr	Leu	Ile	Gly	Phe
% Rationsprotein	19	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Tierzahl	3x8	3x8	3x8	3x8	3x8	3x8	3x8	3x8	3x8	3x8	3x8	3x8	3x8

Die aus 13 Aminosäuren bestehende Mischung wurde äquivalent zu 3 % Rohprotein als Ganzes zugesetzt, in 9 weiteren Rationen kam jeweils der Zusatz an Methionin, Arginin, Lysin, Tryptophan, Threonin, Leucin, Isoleucin, Phenylalanin oder Glycin in Wegfall.

Die umsetzbare Energie der Rationen wurde mit 3230 kcal/kg Futter errechnet. Die Rationszusammensetzung ist in Tab. 54 wiedergegeben (sowie den Tab. A 20, 26 und 27).

Tab. 54 Rationszusammensetzung (%)

Code-Nr.	Versuch VII	
	(1)	(2)-(13)
Alkan-Hefe Lavera	15,00	15,00
Alkan-Hefe Toprina	15,00	15,00
AS-Mischung (Tab. 52)	-	3,29 ¹⁾
Sojaöl	6,00	6,00
Zellulose	2,00	2,00
Vormischungen ²⁾³⁾⁴⁾	8,00	8,00
Vitamin-Vormischung ⁵⁾	2,00	2,00
Maisstärke	52,00	48,71
	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>
Errechneter Rohproteingehalt (%)	19,2	22,2

- 1) Anstelle der in den Rationen (3) - (13) fehlenden AS wurde Maisstärke eingemischt.
- 2) Aminosäurevormischung enthält für die Rationen (1), (2), (4) und (6) - (13) in 10 g (= pro kg der fertigen Mischung): 2,3 g DL-Methionin und 6,7 g L-Arginin-HCl. In den AS-Vormischungen für die Rationen (3) bzw. (5) waren DL-Methionin bzw. L-Arginin-HCl durch gewichtsgleiche Mengen von Maisstärke ersetzt.
- 3) Mineralstoff-Vormischung siehe Tab. A 26
- 4) Spurenelement-Vormischung siehe Tab. A 27
- 5) Vitamin-Vormischung siehe Tab. A 20

Tiermaterial:

Als Versuchstiere dienten 312 Japanische Wachteln, die 2,5 Tage ein Vorfutter mit suboptimalem Proteingehalt (21 % RP) bekommen hatten.

Versuchsdurchführung:

Die Tiere wurden in Käfigen zu je 8 Küken aufgezogen. Sie wurden zu Versuchsbeginn nach Zufall auf die Rationsgruppen verteilt. Wasser und Futter konnten nach Belieben aufgenommen werden. Nach 3 Wochen wurde der Versuch beendet.

Kontrollen:

Nach der ersten und zweiten Versuchswoche wurden die Wachteln gruppenweise, bei Versuchsende (nach drei Wochen) einzeln gewogen. Der Futterverzehr wurde nach der ersten, zweiten und dritten Versuchswoche gemessen; aus diesen Werten wurde dann die Futterrohverwertung errechnet.

Versuchsverlauf:

Der Versuch verlief ohne Störungen. Eine mittlere Verlustrate von 8,6 % muß den Umständen entsprechend (Proteinmangelrationen) als gering bezeichnet werden.

Hier darf eine generelle Bemerkung angefügt werden. Während aus zahlreichen Arbeiten der Bundesforschungsanstalt für Kleintierzucht (62, 63, 64) in der Wachtelaufzucht (1.-5. Lebenswoche) unter günstigen Umweltbedingungen in der Regel mit einer Mortalitätsrate von 10 % gerechnet werden muß, liegen die Verluste am Institut für Ernährungsphysiologie selten über 5 %.

In der Hefekontrollgruppe (1) sowie in den Gruppen (3) und (5) ohne jegliche Methionin- bzw. Argininergänzung verendeten von jeweils 24 Küken 3, 4 bzw. 5 Tiere (Mittelwert: 17 %). In den restlichen 10 Versuchsgruppen betrug die durchschnittliche Verlustrate nur 6 %, ohne daß Unterschiede zwischen diesen Versuchsgruppen zu verzeichnen gewesen wären.

3.8.2 Ergebnisse

Die Tiere der Rationsgruppe (1), deren Futter 19 % Rohprotein enthielt, wuchsen wesentlich langsamer als die Wachtelküken, deren Ration 3 % mehr Rohprotein auf Grund des Zusatzes der

Aminosäurenmischung enthielt. Nach der ersten, zweiten, bzw. dritten Versuchswoche wurden mittlere Zunahmen von 8,1; 20,2 bzw. 30,6 g in der Hefegruppe (1) mit 19 % Rationsprotein gemessen. Diesen Daten stehen Zunahmen von 13,4; 29,2 bzw. 46,8 g der Hefe-Aminosäuren-Gruppe (2) mit 22 % Rationsprotein gegenüber. Die Wachstumsverbesserung infolge der Erhöhung des Rationsproteins um nur 3 % war unverhältnismäßig hoch (durchschnittlich 54 %) ausgefallen (Tab. 55).

Erwartungsgemäß wurden in Gruppe (3), deren Hefeprotein nicht mit Methionin ergänzt wurde und deren Aminosäurenmischung ebenfalls kein Methionin enthielt, die geringsten Leistungen gemessen.

Die 3 Wochen-Zunahme dieser Gruppe (3) war mit 23,4 g unter das Maß der 19 % Protein-Hefekontrollgruppe (1) mit 30,6 g gefallen ($P < 0,025$). Die Futterverwertung der Gruppe (3) mit 4,57 g Futter/g Zunahme hatte auch einen ungünstigeren Zahlenwert als in der Kontrollgruppe (1) mit 4,29 angenommen.

Diese Daten bestätigen Methionin als die 1. limitierende Aminosäure in Alkan-Hefeprotein (Lavera : Toprina = 1 : 1).

Als nächste Gruppe mit einem verhältnismäßig geringen Leistungsniveau fällt Gruppe (5) ins Auge, deren Hefe- wie auch Aminosäuren-Protein kein zugesetztes Arginin enthielt. Allerdings lagen sowohl Zunahmerate (38,2 g) wie auch die Futterverwertungsdaten (3,91 g Futter/g Zunahme) dieser Gruppe (5) über dem Kontrollgruppenniveau (30,6 g; 4,29 g/g), gleichzeitig aber auch deutlich ($P < 0,05$) unter dem Leistungsstand der 22 % Protein-Hefe-Aminosäurengruppe (2) (46,8 g; 3,03 g/g). Die Protein-zulage aus kristallinen Aminosäuren zu nicht argininergänntem Hefeprotein hatte hier - im Gegensatz zu der nicht methioninergänzten Gruppe (3) - eine Leistungsanhebung bewirkt. Da Zunahme und Futterverwertung aber immer noch erkennbar sich von den entsprechenden Daten der Hefe-Aminosäuren-Gruppe (2) unterschieden, darf Arginin als die zweite limitierende Aminosäure in Hefeprotein bezeichnet werden.

Tab. 55

Gewichtsentwicklung und Futterverwertung (Versuch VII)

Zunahme (g ± s), Körpergewicht bei Versuchsbeginn: 10,0 g, g Futter/g Zunahme

Relativzahlen in Klammern

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
% Hefeprotein	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
AS-Zusatz zu Hefeprotein													
% DL-Methionin	1,2	1,2	-	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
% L-Arginin	2,8	2,8	2,8	2,8	-	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
AS-Anreicherung	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	+	-	+
Fehlende AS der Mischung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
% Rationsprotein	19	22	22	Met	Arg	Arg	Lys	Trp	Thr	Leu	Ile	Gly	Phe
	19	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Tierzahl	21	23	20	23	19	23	23	22	22	24	22	21	23
Zunahme (g ± s)													
1. Woche	8,1	13,4	4,9	11,2	7,7	13,5	13,5	14,3	14,2	13,4	12,4	15,2	14,1
+ s	1,9	0,2	1,0	0,6	0,4	0,9	0,9	0,7	0,6	1,8	1,2	1,1	1,2
2. Woche ¹⁾	20,2	29,9	12,3	26,0	19,5	29,2	28,5	31,0	30,6	29,8	28,0	33,0	31,7
+ s	3,1	1,2	0,7	0,9	1,4	2,7	2,8	1,3	1,7	3,4	0,7	0,6	1,8
3. Woche ²⁾	30,6	46,8	23,4	43,2	38,2	46,6	46,0	49,2	49,6	48,7	47,3	50,9	48,8
+ s	1,5	3,0	1,4	1,4	7,7	3,3	4,0	2,4	2,1	4,8	2,2	1,1	2,6
Relativ	(65)	(100)	(50)	(92)	(82)	(100)	(98)	(105)	(106)	(104)	(101)	(109)	(104)
g Futter/g Zunahme ± s													
1. Woche	3,34	2,26	4,58	2,87	3,52	2,24	2,24	2,19	2,22	2,26	2,59	2,14	2,13
+ s	0,27	0,08	0,71	0,03	0,19	0,17	0,20	0,14	0,23	0,02	0,14	0,03	0,10
2 Wochen ³⁾	3,39	2,62	4,75	3,27	3,64	2,66	2,68	2,58	2,60	2,59	2,86	2,58	2,01
+ s	0,36	0,13	0,06	0,16	0,35	(0,16)	0,24	0,40	0,27	0,05	0,20	0,07	0,12
3 Wochen ⁴⁾	4,29	3,03	4,57	3,64	3,91	3,06	3,07	2,83	2,76	3,00	3,14	3,03	2,94
+ s	0,63	0,22	0,49	0,08	0,27	0,18	0,20	0,27	0,33	0,17	0,21	0,07	0,05
Relativ	(142)	(100)	(151)	(120)	(129)	(101)	(101)	(93)	(91)	(99)	(104)	(100)	(97)

1) $\text{GDP} < 0,05 = 3,4$, $\text{GDP} < 0,01 = 4,6$, $\text{GDP} < 0,001 = 6,1$ g 2) $\text{GDP} < 0,05 = 5,8$, $\text{GDP} < 0,01 = 7,9$, $\text{GDP} < 0,001 = 10,6$ g
 3) $\text{GDP} < 0,05 = 0,39$, $\text{GDP} < 0,01 = 0,53$, $\text{GDP} < 0,001 = 0,71$ g Futter/g Zunahme 4) $\text{GDP} < 0,05 = 0,51$, $\text{GDP} < 0,01 = 0,69$

Die Arginin-Ergänzung des Hefeproteins war mit 2,8 % offenbar höher als notwendig gewählt worden. Dies ergibt sich aus den fehlenden Unterschieden zwischen der Hefe-Aminosäurengruppe (2) und der Gruppe (6), deren Futter zwar arginin-supplementiertes Hefeprotein, aber gleichzeitig eine argininfreie Aminosäurenmischung enthalten hatte (46,8 : 46,6 g 3-Wochen-Zunahme; 3,03:3,06 g Futter/g Zunahme).

Wenn davon ausgegangen wird, daß für maximale Leistung von Wachtelküken 6 % Arginin (Bedarfwert für Hühnerküken) im Protein ausreichen, dann entspräche dies bei 3 % Rohprotein, die hier (Gruppe (6)) über eine argininfreie Aminosäurenmischung zugesetzt worden waren, einem Arginin-Anteil von 0,18 % in der Futtermischung. Da in Ration (6) aber 0,536 % L-Arginin (entsprechend 0,67 % L-Arginin-HCl) eingemischt worden waren, muß die Differenz zwischen beiden Werten ($0,536 - 0,180 = 0,356$ %) als zumindest bedarfsdeckende Arginin-Ergänzung einer 19 % Hefeproteinration gelten. Daraus folgt, daß ein Arginin-Zusatz zu Hefeprotein 1,9 % vom Protein nicht überschreiten mußte.

Bei Zusatz einer methionin-freien (allerdings Cystin-haltigen) Aminosäurenmischung zu Hefeprotein (Rationsgruppe (4)) wurde eine schlechtere Gewichtsentwicklung und eine ungünstigere Futterverwertung gemessen als in der Rationsgruppe (2) mit vollständigem Aminosäuren-Supplement. Hier hatte die Methionin-Ergänzung des Hefeproteins nicht für die zusätzlichen 3 % Rationsprotein ausgereicht. Es muß deshalb späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben zu prüfen, ob eine höhere Methionin-Ergänzung als 1,2 % vom Hefeprotein sinnvoll wäre.

Das Fehlen der übrigen 7 essentiellen Aminosäuren übte keinen Einfluß auf das Wachstum der Wachtelküken aus. Die Zunahmedaten dieser Rationsgruppen bewegten sich nach der dritten Versuchswoche zwischen 46,0 und 50,9 g, d.h. es bestanden zwischen diesen Gruppen untereinander und im Vergleich zur Gruppe (2) keine signifikanten Unterschiede ($P > 0,05$).

Gleiche Verhältnisse wurden auch bei den Futterverwertungsdaten angetroffen, die nur zufällig voneinander verschieden in einem Bereich von 2,76 bis 3,14 g Futter/g Zunahme für die Rations-

gruppen (7) - (13) schwankten. Der korrespondierende Wert der Hefe-Aminosäuren-Gruppe (2) wurde mit 3,05 g Futter/g Zunahme errechnet.

Es kann folglich angenommen werden, daß Hefeprotein im Vergleich zu einem bedarfsdeckenden Proteinangebot die Aminosäuren Lysin, Tryptophan, Leucin, Isoleucin, Threonin, Glycin und Phenylalanin im Überschuß enthält. Diese Aussage kann insoweit quantifiziert werden, als der Mehrgehalt an diesen essentiellen Aminosäuren in 19 % Hefeprotein für 3 weitere Prozent Rationsprotein ausreichte.

3.9 Versuch VIII (13.9. - 2.10.1972)

Da im vorausgegangenen Tierexperiment gezeigt werden konnte, daß mit Ausnahme von Methionin und Arginin 7 weitere essentielle Aminosäuren in bedarfsüberschreitender Menge (bezogen auf Hefeprotein) vorhanden und verfügbar sein müssen, sollte in Versuch VIII geprüft werden, ob diese hohe Konzentration essentieller Aminosäuren als Ergänzung eines minderwertigen Proteins bzw. von Nicht-Protein-Stickstoff für eine höhere Wachstumsrate genutzt werden kann.

3.9.1 Versuchsplan

Als Kontrollration wurde eine halbsynthetische Ration mit 30 % Alkan-Hefe (Lavera : Toprina = 1 : 1, siehe Versuch VII) gewählt, die auch mit Zulage von 3 % Rohprotein aus einer Aminosäurenmischung verfüttert wurde.

Anstelle der AS-Mischung wurde in 3 Rationen ein "proteinäquivalenter" Anteil Na-Glutamat, Gelatine bzw. Ammoniumcitrat eingebracht. Diese "Protein-Zulage" wurde mit 4 % vom "Rohprotein" mit DL-Methionin ergänzt, da in Versuch VII sich Methionin als erste limitierende Aminosäure von Hefeprotein erwiesen hatte.

Über die Versuchsanlage unterrichtet Tab. 56.

Tab. 56

Versuchsanlage (Versuch VIII)					
Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Tierzahl	4x10	4x10	4x10	4x10	4x10
Erdölhefe ¹⁾ (% der Ration)	30	30	30	30	30
Aminosäurenmi- schung (3 % RP)	-	+	-	-	-
DL-Methionin ²⁾	-	-	+	+	+
Na-Glutamat (3 % RP)	-	-	+	-	-
Gelatine (3 % RP)	-	-	-	+	-
Diammoniumcitrat (3 % RP)	-	-	-	-	+
Rationsprotein (%)	19	22	22	22	22

1) Methionin- und argininergänzt

2) Zusätzliche Methioninergänzung (0,12 % der Ration)

Tab. 57

Rationszusammensetzung (%)					
Versuch VIII					
Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Alkan-Hefe Lavera	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Alkan-Hefe Toprina	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Vormischungen ^{1) 2) 3)}	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Vitamin-Vormischung ⁴⁾	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Zellulose	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
AS-Mischung ⁵⁾	-	3,29	-	-	-
DL-Methionin	-	-	0,12	0,12	0,12
Na-L-Glutamat·H ₂ O	-	-	6,42	-	-
Diammoniumcitrat	-	-	-	-	3,71
Gelatine	-	-	-	3,00	-
Sojaöl	5,20	4,80	7,20	4,80	5,22
Maisstärke	53,80	50,91	45,26	51,08	49,95
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

1) Aminosäurenmischung enthält auf Maisstärke in 28 g
(= pro kg der fertigen Mischung): 2,3 g DL-Methionin,
6,7 g L-Arginin-HCl

2) Mineralstoff-Vormischung siehe Tab. A 28

3) Spurenelement-Vormischung siehe Tab. A 28

4) Vitamin-Vormischung siehe Tab. A 20

5) siehe Versuch VII, Tab. 52

In allen Rationen wurde Hefeprotein mit 1,2 % DL-Methionin und 2,8 % L-Arginin ergänzt angeboten.

Der Gehalt an umsetzbarer Energie wurde in allen Rationen mit ca. 3335 kcal/kg errechnet. Die Einzelheiten der Futtermischungen sind aus Tab. 57 zu entnehmen.

Tiermaterial:

Die Wachtelküken (10,1 g KG) waren zu Versuchsbeginn 2 Tage alt.

Versuchsdurchführung:

200 Tiere wurden in 20 annähernd gewichtsgleiche Gruppen zu je 10 Tieren eingeteilt, die nach Zufall zu je 4 x 10 Wachteln auf die Rationsgruppen verteilt wurden. Wasser und Futter standen zur freien Verfügung. Nach 19 Tagen wurde der Versuch beendet.

Kontrollen:

Alle Tiere wurden nach 7, 14 und 19 Versuchstagen gewogen. Der Futterverbrauch wurde in denselben Intervallen bestimmt. Die analytisch ermittelten Rohnährstoffgehalte (Tab. A 29) bestätigten die errechneten Werte.

Versuchsverlauf:

Während des Versuches traten keine Störungen auf. Die Mortalitätsrate war mit 1,5 % gering. 2 Tiere der Gruppe (5) und 1 Küken der Gruppe (5) verendeten.

3.9.2 Ergebnisse

Entsprechend den Ergebnissen des vorausgehenden Versuches konnten durch Zufügen von 3,29 % der Aminosäurenmischung zur Heferation (1) (+3 % Rohprotein) die Zunahmen schon von der ersten Versuchswoche an sehr deutlich gesteigert werden (9,6 g:16,7 g). Bei Versuchsende wurde für die Hefe-Gruppe (1) mit 19 % RP im Futter eine Zunahmerate von 39,7 gemessen. Hochsignifikant darüber liegt der Wert von 54,8 g, um den die Tiere der AS-Rationsgruppe (2) in drei Wochen ihr Gewicht erhöhen konnten. Zum zweiten Male fällt diese allein durch 3 % Rohprotein erzeugte, unverhältnismäßig deutliche Wachstumssteigerung auf (Tab. 58).

Tab. 58

Gewichtsentwicklung und Futterverwertung (Versuch VIII)

Zunahme (g $\pm$ s), g Futter/g Zunahme; Körpergewicht bei Versuchsbeginn: 10,1 g

Relativzahlen in Klammern

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
% Rohprotein ¹⁾	19	22	22	22	22
3 % RP aus	-	AS-Mischung	Glutamat	Gelatine	Ammoniumcitrat
DL-Methionin ²⁾	-	-	+	+	+
Tierzahl	4x10	4x10	4x10	4x10	4x10
g Zunahme $\pm$ s					
1. Versuchswoche	9,6 $\pm$ 1,1	16,7 $\pm$ 0,9	14,1 $\pm$ 0,5	13,2 $\pm$ 1,2	11,5 $\pm$ 2,0
Relativ	(57)	(100)	(84)	(79)	(69)
2. Versuchswoche	27,3 $\pm$ 1,7	39,6 $\pm$ 1,8	34,7 $\pm$ 1,3	34,2 $\pm$ 2,4	30,8 $\pm$ 1,8
Relativ	(69)	(100)	(88)	(86)	(78)
3. Versuchswoche ³⁾	39,7 $\pm$ 2,3	54,8 $\pm$ 2,9	48,5 $\pm$ 2,2	46,7 $\pm$ 2,4	44,7 $\pm$ 3,6
Relativ	(69)	(100)	(84)	(81)	(77)
g Futter/g Zunahme					
1. Woche	2,84 $\pm$ 0,37	1,97 $\pm$ 0,16	2,03 $\pm$ 0,07	2,13 $\pm$ 0,12	2,31 $\pm$ 0,26
Relativ	(144)	(100)	(103)	(108)	(117)
2 Wochen	2,88 $\pm$ 0,21	2,37 $\pm$ 0,09	2,36 $\pm$ 0,11	2,36 $\pm$ 0,08	2,51 $\pm$ 0,08
Relativ	(122)	(100)	(100)	(100)	(106)
3 Wochen ⁴⁾	3,16 $\pm$ 0,29	2,53 $\pm$ 0,16	2,61 $\pm$ 0,16	2,64 $\pm$ 0,19	2,77 $\pm$ 0,07
Relativ	(125)	(100)	(103)	(104)	(109)

1) Hefeprotein mit 1,2 % DL-Methionin und 2,8 % L-Arginin ergänzt.

2) 4 % von 3 % zugesetztem Rohprotein = 0,12 % der Ration

3) $GD_P < 0,05 = 3,7$, $GD_P < 0,01 = 5,1$, $GD_P < 0,001 = 6,9$ g

4) $GD_P < 0,05 = 0,26$, $GD_P < 0,01 = 0,36$, $GD_P < 0,001 = 0,49$ g Futter/
g Zunahme

Auch die Rationsgruppen (3), (4) und (5) lagen im Wachstum signifikant über der Gruppe (1). Die niedrigste Wachstumsrate dieser drei Gruppen wies die Ammoniumcitrat-Gruppe (5) auf mit 44,7 g; am besten wuchsen die Tiere der Na-Glutamat-Gruppe (3) mit 48,5 g Zunahme. Dazwischen liegen 46,7 g der Gelatine-Gruppe (4). Durch die "Verdünnung" mit Nicht-Protein-Stickstoff bzw. minderwertigem Protein wie Gelatine wurde das Hefeprotein offenbar in nennenswertem Umfang aufgewertet. Der Wachstumsunterschied zwischen der AS-Gruppe (2) und den methioninergänzten NPN-Gruppen (3) und (5) sowie der Gelatine-Gruppe (4) war noch deutlich ($P < 0,01$) erkennbar.

Etwas geringer waren die Differenzen hinsichtlich der Futterverwertungszahl zwischen diesen beiden Gruppierungen ausgeprägt. Während für die AS-Gruppe (2) 2,53 g Futter/g Zunahme gemessen werden konnte, wurden im Mittel der Gruppen (3) und (5) 2,69 g Futter/g Zunahme erreicht.

Ein durchaus erwartbarer Unterschied zwischen den 22 % RP-Gruppen (3) und (4), deren Futter 3 % RP in Form nicht essentieller Aminosäuren als Glutamat bzw. als Gelatine zugesetzt waren, und der NPN-Gruppe (5) mit Ammoniumcitrat als Stickstoffquelle trat nicht signifikant ($P < 0,05$) zutage. Eine Tendenz zu besseren Leistungen in der Glutamat- bzw. Gelatine-Gruppe im Vergleich zur Ammoniumcitrat-Gruppe war allerdings erkennbar.

Nach den Ergebnissen von Versuch VII zu urteilen, überrascht die Leistungsverbesserung als Folge einer Anhebung des Rationsproteins über Glutamat, Gelatine - und in gewissen Grenzen auch aus Diammoniumcitrat - nicht.

Um aber die hier aufgezeigte Ergänzungswirkung von Hefeprotein mit einem minderwertigen Protein bzw. mit NPN aus Glutamat oder Ammoniumcitrat in ihrem Ausmaß richtig einschätzen zu können, war eine weitere Prüfung notwendig, da die genannten Stickstoffquellen alle methioninergänzt angeboten worden waren.

3.10. Versuch IX (16.11. - 7.12.1972)

Daher wurden in Versuch IX Gruppen eingerichtet, welche eine getrennte Erfassung dieser Ergänzungswirkung und des Effektes einer erhöhten Methioninsupplementierung von Hefeprotein gewährleisten sollten.

3.10.1 Versuchsplan

Neben einer 19 % Hefeprotein-Gruppe ((1), mit DL-Methionin und L-Arginin) wurde wieder eine 19 % Hefeproteinration (2) geführt, welche 3 % Rohprotein aus methioninergänzt (4 % vom RP) Na-L-Glutamat zugesetzt worden war. Als weitere Vergleichsration diente Futtermischung (3), deren 22 % Rationsprotein ausschließlich aus DL-Methionin- und L-Arginin-supplementiertem Hefeprotein resultierte (Tab. 59). Ration (4) entsprach in ihrer Zusammensetzung der 19 % Hefeprotein-Mischung mit der einzigen Ausnahme, daß hier analog wie in der Glutamat-Ration (2) zusätzlich DL-Methionin (0,6 % vom Hefeprotein) eingebracht worden war, so daß die Gesamt-Methioninergänzung vom Hefeprotein hier 1,8 % betrug. Die Leistungen dieser Gruppen sollten wie in den vorangegangenen Versuchen mit einer (22 % RP) Soja-Ration verglichen werden.

Tab. 59

Code-Nr.	Versuchsanlage (Versuch IX)				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Tierzahl	4x8	4x8	4x8	4x8	4x8
Proteinquelle	Hefe ¹⁾	Hefe ¹⁾	Hefe ¹⁾	Hefe ¹⁾	Soja ²⁾
daraus Rationsprotein (%)	19	19	22	19	22
Na-Glutamat (%)	-	6,42	-	-	-
Zusatz v. Methionin	-	+	-	+	-
% Rohprotein	19	22	22	19	22

1) Hefeprotein mit Zusatz von 1,2 % DL-Methionin und 2,8 % L-Arginin

2) Sojaprotein mit Zusatz von 1,2 % DL-Methionin und 1,0 % Glycin

Tab. 60

Rationszusammensetzung (%)					
Versuch IX					
Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Alkan-Hefe Lavera	15,00	15,00	17,35	15,00	-
Alkanhefe Toprina	15,00	15,00	17,35	15,00	-
Sojaschrot (50 % RP)	-	-	-	-	21,78
isoliertes Soja- protein Purina RP 100	-	-	-	-	13,35
Aminosäuren ¹⁾ Vormischung	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
Mineralstoff- und Spurenelement ^{2) 3)} Vormischungen	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Vitamin-Vor- mischung ⁴⁾	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Zellulose	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Sojaöl	3,10	5,02	3,80	3,20	2,05
Maisstärke	47,90	45,98	42,50	47,80	43,82
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

- 1) Aminosäuren-Vormischung siehe Tab. A 30
- 2) Mineralstoff-Vormischung siehe Tab. A 31
- 3) Spurenelement-Vormischung siehe Tab. A 32
- 4) Vitamin-Vormischung siehe Tab. A 20

Auch in diesem Versuch wurden halbsynthetische Diäten verwendet, deren Zusammensetzung aus Tab. 60 zu ersehen ist. Lavera- und Toprina-Hefe wurden wiederum im Verhältnis 1 : 1 gemischt.

Der Gehalt an umsetzbarer Energie aller Rationen wurde mit ca. 3210 kcal/kg errechnet.

Versuchsdurchführung:

160 drei Tage alte Wachtelküken (12,0 g KG) wurden in 5 gewichtsgleiche Gruppen zu je 4 x 8 Tieren eingeteilt, die wiederum

nach Zufall auf die Rationen verteilt wurden. Der Versuch dauerte 3 Wochen.

Kontrollen:

Nach der ersten und zweiten Woche wurden die Wachteln in Gruppen, nach der dritten Woche einzeln gewogen. Die in diesen Zeitabschnitten verzehrte Futtermenge wurde gemessen und die kumulative Futterrohverwertung errechnet.

Die analytisch ermittelten Rohnährstoffgehalte stehen mit den errechneten Werten in guter Übereinstimmung (Tab. A 33).

Versuchsverlauf:

Der Versuch verlief störungsfrei. Von 272 Küken starben insgesamt drei (1,9 %). Ein Tier verendete in Gruppe (1), zwei weitere in Gruppe (3).

3.10.2 Ergebnisse

Über Gewichtsentwicklung und Futterverwertungsdaten im Verlauf von Versuch IX orientiert Tab. 61.

Nach 3 Versuchswochen lag die Zunahme der 19 % RP-Hefegruppe (1) bei 51,2 g/Wachtelküken. Eine Anhebung des Rohproteingehaltes auf 22 % durch Erhöhung der Hefekonzentration um 4,7 % (Ration (3)) führte zu einer signifikanten ($P < 0,05$) Verbesserung der Wachstumsrate um 11 % (57,0 g Zunahme). 22 % Rationsprotein aus Soja (Ration (5)) steigerten die Gewichtsentwicklung weiter um 16 % ($P < 0,001$) gegenüber der 22 % RP-Hefegruppe (3) auf 66 g/Tier.

Diese Unterschiede im Wachstum wurden auch von den Futterverwertungsdaten widergespiegelt. Die Zulage von 3 % Hefeprotein erbrachte eine Erniedrigung des Futterquotienten von 3,34 g Futter/g Zunahme in der Hefe-Gruppe (1) um 8 % ($P < 0,01$) auf 3,07 g/g in der Hefegruppe (3). Die beste Futterverwertung wurde in der zu letztgenannter Hefe-Gruppe (3) proteinäquivalent versorgten Soja-Gruppe (5) mit 2,67 g Futter/g Zunahme erreicht.

Tab. 61

Gewichtsentwicklung und Futterverwertung (Versuch IX)

g Zunahme $\pm$ s, g Futter/g Zunahme; Körpergewicht bei Versuchsbeginn: 12,0 g

Relativzahlen in Klammern

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Tierzahl	31	32	30	32	32
Proteinquelle	Hefe	Hefe	Hefe	Hefe	Soja
daraus Rationsprotein(%)	19	19	22	19	22
Na-Glutamat(%)	-	6,42	-	-	-
Extra-Methionin	-	+	-	+	-
% Rohprotein	19	22	22	19	22
Zunahme (g $\pm$ s)					
1. Woche	11,6 $\pm$ 1,3	16,8 $\pm$ 1,6	14,6 $\pm$ 1,6	15,5 $\pm$ 0,7	17,5 $\pm$ 1,0
Relativ	(100)	(145)	(126)	(134)	(151)
2 Wochen ¹⁾	30,8 $\pm$ 1,9	38,8 $\pm$ 2,5	36,6 $\pm$ 2,3	37,8 $\pm$ 1,6	42,4 $\pm$ 1,6
Relativ	(100)	(126)	(119)	(123)	(138)
3 Wochen ²⁾	51,2 $\pm$ 2,2	58,9 $\pm$ 3,7	57,0 $\pm$ 3,6	57,6 $\pm$ 3,1	66,0 $\pm$ 3,0
Relativ	(100)	(115)	(111)	(113)	(129)
g Futter/g Zunahme ($\pm$ s)					
1. Woche	3,61 $\pm$ 0,25	2,31 $\pm$ 0,05	2,67 $\pm$ 0,08	2,52 $\pm$ 0,12	2,20 $\pm$ 0,08
Relativ	(100)	(64)	(74)	(70)	(61)
2 Wochen	3,12 $\pm$ 0,14	2,43 $\pm$ 0,15	2,71 $\pm$ 0,09	2,63 $\pm$ 0,08	2,28 $\pm$ 0,22
Relativ	(100)	(78)	(87)	(84)	(73)
3 Wochen ³⁾	3,34 $\pm$ 0,07	2,79 $\pm$ 0,10	3,07 $\pm$ 0,04	2,98 $\pm$ 0,10	2,67 $\pm$ 0,22
Relativ	(100)	(84)	(92)	(89)	(80)

1) $GD_{P<0,05} = 3,1$, $GD_{P<0,01} = 4,2$, $GD_{P<0,001} = 5,6$ g

2) $GD_{P<0,05} = 4,9$, $GD_{P<0,01} = 6,6$, $GD_{P<0,001} = 8,9$ g

3) $GD_{P<0,05} = 0,16$, $GD_{P<0,01} = 0,22$, $GD_{P<0,001} = 0,30$ g Futter/g Zunahme

Die hier beschriebenen Verhältnisse konnten in etwa auch erwartet werden. Eine Erhöhung der Proteinzufuhr führt im Bereich der suboptimalen Proteinversorgung zu einer Leistungssteigerung. Wie bisher war aber Methionin- und Glycin-ergänztetes Sojaprotein einem Methionin- und Arginin-supplementierten Hefeprotein deutlich ($P < 0,001$) überlegen.

Es überraschte aber ungemein, daß eine zu 3 % Hefeprotein stickstoffäquivalente L-Glutamat-Zulage zur Heferation (1) in Gruppe (2) zu einer Gesamtleistung führte, welche den entsprechenden Daten der 3 % RP-Hefe-Zulage-Gruppe (3) in nichts nachstand. Nach 3 Versuchswochen wurden hier 58,9 g Zunahme/Tier bei einer Futterrohverwertung von 2,79 g Futter/g Zunahme gemessen. In dieser Gruppe wurden damit im Prinzip die Ergebnisse des vorangegangenen Versuchs VIII bestätigt, welche die Leistungsverbesserung infolge einer Zulage an methionin-ergänztetem, nicht essentiellen Aminosäurenstickstoff zu Hefeprotein erstmals aufgezeigt hatten.

Nur geringfügig schlechter als die Glutamat-Gruppe schnitt aber auch Gruppe (4) ab, deren 19 % ^{RP-}Heferation Extra-Methionin (0,6 % von 19 % Hefeprotein) zugesetzt worden war. Die Zunahme dieser Gruppe lag bei 57,6 g (58,9 g der Glutamat-Gruppe).

Die Futterverwertung wurde mit 2,98 g Futter/g Zunahme errechnet (Glutamat-Gruppe: 2,79).

Aus den vorgelegten Daten kann unschwer geschlossen werden, daß ca. 80 % des "Glutamat-Effekts" auf die Gewichtsentwicklung tatsächlich allein auf die Wirkung des gleichfalls zugesetzten Methionins zurückzuführen waren. Eine Erhöhung der Methionin-Ergänzung des Hefeproteins von 1,2 auf 1,8 % ist daher offensichtlich geeignet, die Wertigkeit dieses Proteins bei Wachtelküken entscheidend zu verbessern. Allein durch den angehobenen Methionin-Zusatz wurde eine Leistungssteigerung erreicht, wie sie im Vergleich zur 22 % Hefe-Gruppe - nur durch 3 % Hefe-Protein, welches ebenfalls wieder Methionin-(1,2%) und Arginin-(2,8%) supplementiert zugesetzt wurde, erzielt werden konnte.

3.11 Versuch X (12.1. - 9.2.1973)

Es interessierte daher, ob und in welchem Maße eine gesteigerte Methionin-Zulage zu Hefeprotein sich auch auf Wachstum und Futterverwertung von Hühnerküken auswirkt.

3.11.1 Versuchsplan

Auf 2 Proteinstufen, 14 und 20 % Rationsprotein, wurde eine Mischung von Lavera- und Toprina-Hefe im Verhältnis 1 : 1 mit 1,2; 1,8 bzw. 2,4 % DL-Methionin-Ergänzung angeboten. Auf beiden Proteinstufen diente eine Sojaration als Kontrollgruppenfutter. Die Versuchsanlage ist in Tab. 62 dargestellt.

Tab. 62

Code-Nr.	Versuchsanlage (Versuch X)								
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Tierzahl	4x11	4x11	4x11	4x11	4x11	4x11	4x11	4x11	4x11
% Rationsprotein	12	12	12	12	19	19	19	19	19
Proteinquelle	Hefe		Soja		Hefe				
DL-Methionin (% vom RP)	1,2	1,8	2,4	1,2	1,2	1,2	1,8	2,4	3,0

Alle Heferationen waren wie in den bisherigen Wachtelversuchen mit 2,8 % vom Rohprotein L-Arginin-ergänzt, die Sojarationen enthielten 1,0 % vom Sojaprotein zugesetztes Glycin.

Die Umsetzbare Energie betrug in allen Futtermischungen ca. 3700 kcal/kg. Die Rationsgestaltung geht aus Tab. 63 hervor.

Tiermaterial und Versuchsdurchführung

396 Masteintagsküken ♂ (Lohmann B 975) wurden in Käfigen aufgestellt (siehe Versuch III), nach 2,5 Tagen einzeln gewogen und nach Zufall in annähernd gewichtsgleiche Gruppen zu je 4 x 11 Tieren auf die 9 Rationen verteilt^{*)}. Nach 2 Wochen

^{*)} In der Vorperiode hatten alle Küken ein proteinnarmes Futter (ca. 9 % RP) erhalten, das aus 95,6 % Mais, 2 % Dicalciumphosphat, 1 % kohlensaurem Kalk, 0,4 % Kochsalz sowie 1 % Vitamin-Vormischung bestand.

Tab. 63

Rationszusammensetzung (%)

Versuch X

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Alkan-Hefe Lavera	10,00	10,00	10,00	-	-	15,00	15,00	15,00	15,00
Alkan-Hefe-Toprina	10,00	10,00	10,00	-	-	15,00	15,00	15,00	15,00
Sojaschrot (50 % RP)	-	-	-	11,90	18,80	-	-	-	-
isoliertes Soja-protein Purina RP 100	-	-	-	7,30	11,60	-	-	-	-
Aminosäuren-Vor-mischung	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Mineralstoff-2) u. Spurelelement-Vor-mischung	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Vitamin-4) Vormi-schung	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Zellulose	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Sojaöl	11,00	11,00	11,00	10,15	11,20	12,60	12,60	12,70	12,80
Maissstärke	57,00	57,00	57,00	58,65	46,40	45,40	45,40	45,30	45,20
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

- 1) Aminosäuren-Vormischung siehe Tab. A 34
- 2) Mineralstoff-Vormischung siehe Tab. A 35
- 3) Spurenelement-Vormischung siehe Tab. A 36
- 4) Vitamin-Vormischung siehe Tab. A 20

wurde der Versuch beendet, mit Ausnahme der Gruppen (1), (2) und (4), welche über insgesamt 4 Wochen im Experiment standen.

Kontrollen:

Die Tiere wurden nach 1 und 3 Versuchswochen gruppenweise, nach 2 und 4 Versuchswochen einzeln gewogen. Der Futterverzehr wurde nach 1, 2 und 4 Wochen gemessen und daraus die kumulative Futterrohverwertung errechnet.

Wie die Analysendaten der einzelnen Futtermischungen (siehe Tab. A 37) ausweisen, wurden die errechneten und vom Versuchsplan geforderten Rohproteinkonzentrationen in allen Fällen gleichmäßig um ca. 1 - 2 % übertroffen. Für die Sojarationen (4) und (5) könnte geltend gemacht werden, daß hier eine neu angelieferte Partie Sojaschrot verwendet wurde, deren Rohproteingehalt möglicherweise vom Tabellenwert deutlicher abwich als dies bisher der Fall war. Was die Heferationen angeht, kann ein Mischfehler mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden, da alle Rationen in etwa gleichem Maße betroffen waren. Möglicherweise ist hier auch an eine fehlerhafte Probenahme zu denken, ohne daß aber die tatsächliche Ursache für die Abweichung von den errechneten Gehaltswerten angeführt werden kann.

Die tatsächliche Methioninergänzung des Hefeproteins belief sich in den Gruppen (1) - (3) anstelle von 1,2; 1,8 bzw. 2,4 % auf 1,08; 1,51 bzw. 2,02 % vom Rohprotein. In den 19 % Heferationen betrug die tatsächliche Methionin-Ergänzung 1,12; 1,74; 2,27 bzw. 2,82 %.

Versuchsverlauf

Insgesamt verendeten in 2 Versuchswochen 1,3 % aller eingesetzten Küken. Die Verluste ließen keine Abhängigkeit von bestimmten Treatments erkennen (2 Tiere in Gruppe (2), je 1 Küken in den Gruppen (3), (6) und (9)). Am Ende der 2. Versuchswoche wurde ein weiteres Küken der Versuchsgruppe (2) wegen Kümmerns aus dem Versuch genommen, es wurde bei der Versuchsauswertung auch nicht berücksichtigt.

3.11.2 Ergebnisse

Die Versuchsergebnisse sind in den Tab. 64 und 65 zusammengefaßt. Im Tabellenkopf sind hier - abweichend von der bisherigen Gepflogenheit - die analytisch ermittelten Rohprotein-konzentrationen sowie die sich daraus ergebende Methioniner-gänzung genannt.

Wie in Versuch III wurdeⁿauch hier in den Gruppen mit 30% Alkan-Hefe wässerigere Exkrete festgestellt. Aus dieser Beobachtung läßt sich wieder eine Verdaulichkeitsdepression für die Hefenährstoffe ableiten, auf die ein (unbekannter) Anteil der gemessenen Unterschiede im Wachstum zwischen den Hefegruppen einerseits und der Sojakontrollgruppe (5) andererseits zurückgeführt werden muß.

Aus diesem wiederholten Befund kann gleichzeitig aber auch die gute Eignung der Japanischen Wachtel als Versuchstier abgeleitet werden, da gleichgerichtete Beobachtungen (verminderte Kotkonsistenz bei 30% und mehr Hefe in der Ration) nicht in demselben Maße anfielen. Gleichzeitig aber wird deutlich, daß aus Wachtelergebnissen nicht in jedem Fall auf gleiche Verhältnisse bei Hühnerküken geschlossen werden kann.

Bereits nach der ersten Versuchswoche zeichneten sich bestimmte Tendenzen in Gewichtsentwicklung und Futterverwertung ab. Auf beiden Proteinstufen dominierten die Sojagruppen mehr oder weniger deutlich. Unterschiede zwischen den einzelnen Hefegruppen waren dagegen zu diesem Zeitpunkt kaum ausgeprägt.

Nach 2 Versuchswochen waren bei ca. 14% Rationsprotein die Sojatiere der Gruppe (4) mit 168g um 26% besser gewachsen als die Hefegruppen (1) - (3) mit durchschnittlich 133 g Körpergewicht. Dementsprechend war auch die Futterverwertung durch Sojaprotein um 33% verbessert (Sojagruppe (4): 2,15; Hefegruppen (1) - (3): 3,21 g Futter/g Zunahme).

Innerhalb dieser Hefegruppen hatte Rationsgruppe (1) mit 1,1 % Methionin-Ergänzung (Gesamt-Methionin: 3,7 % vom Hefeprotein) am schlechtesten abgeschnitten. Das 2-Wochengewicht (Futterverwertung) wurde mit 127 g (3,29 g Futter/g Zunahme) ermittelt. Erkennbar aber nicht signifikant (p 0,05) hatte sich eine Erhöhung des Methionin-Zusatzes von 1,1 auf 1,5 bzw. 2,0 % vom Hefeprotein auf Wachstum (+7 bzw. +6 %) und Futter-

Körpergewicht (g +s) (Versuch X)

Relativzahlen in Klammern

Körpergewicht bei Versuchsbeginn: 51 g

Code-Gr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Tierzahl	4x11	4x11	4x11	4x11	4x11	4x11	4x11	4x11	4x11
RP-Quelle	— Erdölhefe —		Soja		Soja		— Erdölhefe —		
Kationspro- tein (%)	13,9	14,6	14,3	13,0	17,9	20,5	20,1	20,2	20,6
DL-Methion % v. RP)	1,1	1,5	2,0	1,2	1,3	1,1	1,7	2,3	2,8
1. Versuchs- woche	94±8	98±12	98±7	101±9	135±8	115±11	118±11	114±7	116±11
Relativ	(93)	(97)	(97)	(100)	(100)	(85)	(88)	(85)	(86)
2. Versuchs- woche	127±16	136±17	135±10	168±13	281±14	160±13	165±11	162±4	168±21
Relativ	(75)	(81)	(80)	(100)	(100)	(57)	(59)	(58)	(60)
3. Versuchs- woche	178±20	191±21	-	248±12	-	-	-	-	-
Relativ	(72)	(77)	-	(100)	-	-	-	-	-
1. Versuchs- woche	198±20	223±26	-	335±19	-	-	-	-	-
Relativ	(59)	(67)	-	(100)	-	-	-	-	-

1) $GD_P < 0,05 = 12$, $GD_P < 0,01 = 17$, $GD_P < 0,001 = 22$ g2) $GD_P < 0,05 = 25$, $GD_P < 0,01 = 36$, $GD_P < 0,001 = 54$ g

Futterrohverwertung (Versuch X)

g Futter/g Zunahme + s

Relativzahlen in Klammern

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
zahl	4x11	4x11	4x11	4x11	4x11	4x11	4x11	4x11	4x11
Quelle	—	Erdölhefe	—	Soja	Soja	—	Erdölhefe	—	—
onsprotein(%)	13,9	14,6	14,3	13,0	17,9	20,5	20,1	20,2	20,6
ethionin r. RP)	1,1	1,5	2,0	1,2	1,3	1,1	1,7	2,3	2,8
Versuchswoche	2,86+0,27 (137)	2,79+0,29 (133)	2,56+0,21 (123)	2,09+0,10 (100)	1,44+0,05 (100)	2,15+0,22 (150)	1,98+0,19 (138)	2,14+0,37 (149)	2,08+0,16 (145)
Versuchswochen ¹⁾	5,29+0,29 (153)	3,13+0,26 (146)	3,21+0,34 (149)	2,15+0,05 (100)	1,39+0,03 (100)	2,72+0,11 (196)	2,34+0,24 (169)	2,44+0,13 (175)	2,44+0,27 (175)
Versuchswochen ²⁾	2,59+0,21 (169)	2,36+0,35 (154)	—	1,53+0,19 (100)	—	—	—	—	—

1) $GD_P < 0,05 = 0,30$, $GD_P < 0,01 = 0,40$, $GD_P < 0,001 = 0,54$ g Futter/g Zunahme

2) $GD_P < 0,05 = 0,43$, $GD_P < 0,01 = 0,62$, $GD_P < 0,001 = 0,94$ g Futter/g Zunahme

verwertung (-5 bzw. -2,4 % Futterverbrauch/Gewichtszunahmereinheit) ausgewirkt.

Die Gruppen (1), (2) und (4) wurden noch 2 weitere Wochen gehalten. Danach wurde für die höher methioninergänzte Rationsgruppe (2) (1,5 % DL-Methionin-Zusatz) ein signifikant ($P < 0,05$) höheres Körpergewicht (223 g) gemessen als in der Hefegruppe (1) mit 1,1 % Methionin-Zusatz (198 g). Die Futterverwertung war ebenfalls ($P > 0,05$) - um 9 % - verbessert.

Mit knapp 18 % Sojaprotein in der Ration wurden bessere ($P < 0,001$) 2 Wochen-Ergebnisse erzielt als in den 4 Hefe-Rationsgruppen (6) - (9) mit durchschnittlich 20,4 % Rohprotein. Der Vorsprung der Sojatiere betrug hinsichtlich des Körpergewichts (281 g) 171 %, bezüglich des Futterverbrauchs/Zunahmereinheit (1,39 g/g) 44 %.

Innerhalb der 20,4 % Rohprotein-Hefegruppen (6) - (9) hatte sich eine gestaffelte Methioninzulage auf das Wachstum nicht ausgewirkt (160, 165, 162 bzw. 168 in den Gruppen mit 1,1; 1,7; 2,3 bzw. 2,8 % Methionin-Zusatz). Dagegen war die Futterverwertung der 1,1 %-Methionin-Gruppe (6) mit 2,72 g Futter/g Zunahme deutlich schlechter (14,10 bzw. 10%) ausgefallen als die korrespondierenden Werte der Gruppen (7), (8) und (9) mit 2,34 ($P < 0,02$), 2,44 bzw. 2,44g Futter/g Zunahme ($P < 0,1$).

Somit konnte auf beiden Proteinstufen, die einem Anteil von 20 bzw. 30 % Alkan-Hefen in der Futtermischung entsprachen, gezeigt werden, daß die bisher in Hühnerkükenversuchen (III, IIIB und IV) verwendete Methionin-Ergänzung des Hefeproteins von 1,2 % offensichtlich nicht ausreichte. Dem steht nicht entgegen, daß in diesem Experiment bei ca. 20 % Rationsprotein eine Wirkung gestaffelter Methioninzulagen nur auf die Futterverwertungsdaten, nicht dagegen auf die Gewichtsentwicklung zutage trat. Es darf sogar als ein vielen Versuchen über die optimale Methionin-Supplementierung von Kükenfutter gemeinsames Merkmal gelten, daß die höchste noch eine Verbesserung der Leistung bewirkende Methionindosis nur aus den Futterverwertungsdaten und nicht aus der Wachstumsrate abgelesen werden kann. Die Erhöhung der biologischen Wertigkeit eines Futterproteins kann auf diese Weise eindrucksvoll demonstriert werden, wenn für die gleiche Zunahmeleistung weniger Futter verbraucht wird.

Möglicherweise war in diesen Gruppen das Wachstum durch die offenbar geringe Verträglichkeit der 30 %-Heferation limitiert.

Die Versuchsanlage erlaubt auch eine Aussage über die voraussichtlich optimale Höhe der Methionin-Ergänzung von Hefeprotein, welches als alleinige Proteinquelle in Geflügelrationen verwendet wird. Zwischen denjenigen Gruppen, deren Rationsprotein 1,5 (bei 14,6 % RP) bzw. 1,7 % DL-Methionin (bei 20,1 % RP) zugesetzt worden war, und den Gruppen mit höherer Methionin-Dosierung trat kein meßbarer Unterschied auf. Infolgedessen muß angenommen werden, daß Hefeprotein dann optimal mit DL-Methionin ergänzt ist, wenn die Methionin-Zulage 1,5 - 1,7 % des Hefeproteins beträgt. Somit ergibt sich auch eine gute Parallele zu dem in Wachtelversuchen bisher mit 1,8 % ermittelten korrespondierenden Zahlenwert.

Diese letzte Zahlenangabe ist aber nicht wie im hier geschilderten Kükenversuch durch höhere Methionin-Dosierungen abgesichert.

3.12 Versuch XI (5.4. - 24.4.1973)

Deshalb wurden in Versuch XI an Wachtelküken auf 2 Proteinstufen (19 und 26 % Rationsprotein) Methionin-Gaben von 1,2; 1,8 und 2,4 % vom Hefeprotein auf ihre Wirksamkeit hinsichtlich Wachstum und Futterverwertung überprüft.

3.12.1 Versuchsplan

Eine Mischung von Lavera- und Toprina-Hefe im Verhältnis 1:1 wurde mit 30 bzw. 40 % in eine halbsynthetische Ration eingebracht, so daß Rationen mit 19 bzw. 26 % Rohprotein entstanden. Beide Rationstypen wurden - bezogen auf Protein - mit 1,2; 1,8 und 2,4 % DL-Methionin ergänzt angeboten. Auf beiden Proteinstufen dienten protein- und energieäquivalente Soja-Mischungen als Kontrollrationen. Über die Versuchsanlage unterrichtet Tab. 66.

Tab. 66

Code-Nr.	Versuchsanlage (Versuch XI)							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Tierzahl	5x10	5x10	5x10	5x10	5x10	5x10	5x10	5x10
RP-Quelle	——Erdölhefe——			Soja	Soja	——Lrdölhefe——		
Rations- protein (%)	19,2	19,2	19,2	19,2	25,6	25,6	25,6	25,6
DL-Methionin (% v.RP)	1,2	1,8	2,4	1,2	1,2	1,2	1,8	2,4

Wie in den vergangenen Versuchen wurde den Heferationen auch L-Arginin (2,8 % L-Arginin vom Protein), den Sojarationen 1,2 % DL-Methionin und 1 % Glycin zugesetzt. Die Rationen enthielten 3340 kcal U.E./kg.

Tiermaterial:

Der Versuch wurde mit 400 drei Tage alten Wachtelküken im Körpergewicht von 12,4 g begonnen.

Versuchsdurchführung:

Die Tiere wurden in annähernd gewichtsgleiche Gruppen zu je 5 x 10 Küken eingeteilt und nach Zufall auf die Rationsgruppen verteilt. Der Versuch wurde nach 19 Tagen beendet.

Die Rationszusammensetzung ist in Tab. 67 wiedergegeben.

Kontrollen:

Die Zwischenwiegungen wurden nach 6 und 13 Versuchstagen gruppenweise vorgenommen, nach 19 Tagen wurden die Küken einzeln gewogen. Der Futterverzehr wurde für jede dieser Zeitspannen gemessen und die Futterrohverwertung für die entsprechenden kumulativen Versuchsabschnitte errechnet.

Die analytisch ermittelten Rohproteinkonzentrationen (Tab. A 41) überschritten ähnlich wie im vorangegangenen Versuch X die Sollwerte um ca. 1 %. Die auf den tatsächlichen jeweiligen Rohproteingehalt bezogenen DL-Methioninergänzungen beliefen sich daher auf 1,2; 1,7 bzw. 2,3 % in den Rationen (1) - (3) und auf 1,2; 1,8 bzw. 2,3 % in den Rationen (6) - (8) anstelle der im Versuchsplan angegebenen 1,2; 1,8 bzw. 2,4 %.

Rationszusammensetzung (%)

Versuch XI

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Alkan-Hefe Lavera	15,00	15,00	15,00	-	-	20,00	20,00	20,00
Alkan-Hefe Toprina	15,00	15,00	15,00	-	-	20,00	20,00	20,00
Sojaschrot (50 % RP)	-	-	-	18,80	25,20	-	-	-
isoliertes Sojaprotein	-	-	-	11,60	15,40	-	-	-
Purina RP 100	-	-	-	-	-	-	-	-
Aminosäuren-Vor- mischung ¹⁾	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Mineralstoff- ²⁾ und Spurenelement- Vormischung	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Vitamin-Vormischung ⁴⁾	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Zellulose	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Sojaöl	5,70	5,70	5,80	4,30	5,40	7,30	7,40	7,50
Maistasärke	52,30	52,30	52,20	53,30	42,00	40,70	40,60	40,50
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

1) Aminosäuren-Vormischung siehe Tab. A 38

2) Mineralstoff-Vormischung siehe Tab. A 39

3) Spurenelement-Vormischung siehe Tab. A 40

4) Vitamin-Vormischung siehe Tab. A 20

Versuchsverlauf

Der Versuch verlief ohne Störungen. Die Gesamt-Mortalität wurde mit 2 von 400 Tieren protokolliert.

3.12.2 Ergebnisse

Über die Versuchsergebnisse informieren die Tab. 68 und 69.

Bereits nach 6 Versuchstagen zeichnete sich ^{die} in allen Versuchen bisher deutlich gewordene Unterlegenheit der Heferationen mit "normaler" (1,2 %) Methionin-Ergänzung gegenüber den Sojakontrollationen ab. Diese Wachstumsdepression erreichte auf der 20,2 %-Rohproteinstufe Signifikanz ($P < 0,03$), nicht dagegen bei durchschnittlich 26,6 % Rationsprotein ($P < 0,08$).

Die Unterschiede im Wachstum waren mit den entsprechenden Futterverwertungsdaten brauchbar korreliert ($r = -0,69$ bei 20,2 % RP; $r = -0,71$ bei 26,6 % RP).

Eine Erhöhung der Methionin-Ergänzung von Hefeprotein auf 1,7 bzw. 1,8 % sowie 2,3 % hatte ^{sich} bereits nach 6 Versuchstagen dahingehend ausgewirkt, daß sich die Wachstumsraten dieser Gruppen deutlich ($P < 0,05$) von der Gewichtsentwicklung der 1,2 % Methionin-Hefe-Gruppen abgesetzt hatten. Gleiches galt auch für die Futterverwertungsdaten.

Zwischen diesen Hefegruppen mit höherer Methionin-Ergänzung und den Sojakontrollgruppen bestanden zu diesem Zeitpunkt (mit Ausnahme der Rationsgruppe (3) im Vergleich zur Sojagruppe (4)) keine Wachstumsunterschiede. Allerdings deutet sich hier schon an, daß trotz vergleichbarer Gewichtsentwicklung die Futterverwertungsdaten der jeweiligen Sojakontrollgruppen zu niedrigeren Zahlenwerten tendierten. Bei Versuchsende wurden in der Hefegruppe (1) mit 1,2 % Methionin-Zusatz zum Rationsprotein 44,9 g Zunahme gemessen. Damit wurden 84 % des Kontrollgruppenwertes (53,4 g) erzielt. Mit 1,7 bzw. 2,3 % Methionin-Ergänzung zum Hefeprotein wurde dagegen Kontrollgruppenniveau (Ration (4)) erreicht (51,3 bzw. 54,2 g).

Gewichtsentwicklung (Versuch XI)

Zunahmen in g $\pm$ s; Körpergewicht bei Versuchsbeginn: 12,4 g
Relativzahlen in Klammern

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Tierzahl	5x10	5x10	5x10	5x10	5x10	5x10	5x10	5x10
RP-Quelle	———Erdölhefe———			Soja	Soja	———Erdölhefe———		
Kationsprotein(%) ¹⁾	19,5	20,5	20,5	20,2	26,7	26,6	26,0	26,9
DL-Methionin (% v. RP)	1,2	1,7	2,3	1,1	1,2	1,2	1,8	2,3
6. Versuchstag ²⁾	11,5 $\pm$ 1,1	13,7 $\pm$ 1,3	15,0 $\pm$ 1,4	13,3 $\pm$ 1,6	18,5 $\pm$ 0,6	17,1 $\pm$ 1,1	19,3 $\pm$ 0,7	19,1 $\pm$ 1,5
Relativ	(86)	(103)	(113)	(100)	(100)	(92)	(104)	(103)
15. Versuchstag ³⁾	30,6 $\pm$ 1,5	32,7 $\pm$ 2,1	35,9 $\pm$ 2,4	34,4 $\pm$ 1,9	43,2 $\pm$ 1,2	40,1 $\pm$ 1,4	43,1 $\pm$ 1,1	43,2 $\pm$ 1,8
Relativ	(89)	(95)	(104)	(100)	(100)	(93)	(100)	(100)
19. Versuchstag ⁴⁾	44,9 $\pm$ 1,9	51,3 $\pm$ 2,7	54,2 $\pm$ 3,5	53,4 $\pm$ 2,1	64,1 $\pm$ 2,1	53,8 $\pm$ 2,6	62,7 $\pm$ 1,6	60,1 $\pm$ 0,9
Relativ	(84)	(96)	(102)	(100)	(100)	(84)	(98)	(94)

1) Analytisch ermittelte Werte

2) $GD_p < 0,05 = 1,6$, $GD_p < 0,01 = 2,1$, $GD_p < 0,001 = 2,8$ g3) $GD_p < 0,05 = 2,2$, $GD_p < 0,01 = 3,0$, $GD_p < 0,001 = 4,0$ g4) $GD_p < 0,05 = 3,0$, $GD_p < 0,01 = 4,0$, $GD_p < 0,001 = 5,3$ g

Tab. 69

Futterrohverwertung (Versuch XI)

g Futter/g Zunahme + s

Relativzahlen in Klammern

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Fierzahl	5x10	5x10	5x10	5x10	5x10	5x10	5x10	5x10
RP-Quelle	—	—	—	Soja	Soja	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—
Rationsprotein (%) ¹⁾	19,5	20,5	20,5	20,2	26,7	26,6	26,0	26,9
DL-Methionin (% v.RP)	1,2	1,7	2,3	1,1	1,2	1,2	1,8	2,5
6 Versuchstage ²⁾	2,55±0,25	2,18±0,19	2,09±0,06	2,11±0,05	1,62±0,04	1,92±0,10	1,76±0,05	1,76±0,09
Relativ	(121)	(104)	(99)	(100)	(100)	(119)	(109)	(109)
15 Versuchstage ³⁾	2,71±0,14	2,53±0,10	2,35±0,06	2,30±0,10	1,88±0,07	2,28±0,06	2,07±0,04	2,07±0,05
Relativ	(118)	(110)	(102)	(100)	(100)	(121)	(110)	(110)
19 Versuchstage ⁴⁾	3,18±0,12	2,85±0,27	2,68±0,11	2,61±0,10	2,11±0,14	2,79±0,18	2,36±0,06	2,46±0,07
Relativ	(122)	(109)	(103)	(100)	(100)	(132)	(112)	(116)

1) Analytisch ermittelte Werte

2) $GDP < 0,05 = 0,16$, $GDP < 0,01 = 0,22$, $GDP < 0,001 = 0,29$ g Futter/g Zunahme3) $GDP < 0,05 = 0,11$, $GDP < 0,01 = 0,14$, $GDP < 0,001 = 0,19$ g Futter/g Zunahme4) $GDP < 0,05 = 0,19$, $GDP < 0,01 = 0,25$, $GDP < 0,001 = 0,34$ g Futter/g Zunahme

Die Zunahmerate der besten 20,5 % Hefeprotein-Gruppe (3) mit 2,3 % DL-Methioninzusatz lag dabei noch geringfügig über dem korrespondierenden Zahlenwert der 26,6 % Hefeprotein-Gruppe (6) mit 53,8 g, deren Rationsprotein nur 1,2 % zugesetztes Methionin enthielt. Auch hier - bei 26,6 % Rationsprotein - war die Wachstumsrate der "normal" methioninergänzten Hefegruppe (6) auf 84 % der entsprechenden Sojakontrollgruppe (5) limitiert. Eine Anhebung des Methionin-Zusatzes auf 1,8 bzw. 2,3 % des Hefeproteins in den Gruppen (7) und (8) rückte ^{die} Gewichtsentwicklung mit 62,7 bzw. 60,1 g Zunahme in den Bereich der Kontrollgruppe (5) mit 64,1 g Zunahme/Tier. Es bleibt festzuhalten, daß zusätzliches Methionin in den Gruppen (2) und (3) sowie (7) und (8) die Zunahmeraten dieser Hefegruppen auf beiden Proteinstufen (entsprechend 30 bzw. 40 % Hefe in der Ration) durchschnittlich um 17 bzw. 14 % angehoben hatte. Die in allen vorangegangenen Wachtelversuchen mit halbsynthetischen Rationen aufgetretene und signifikante Wachstumsdepression der Hefegruppen im Vergleich zu proteinäquivalenten Sojagruppen war damit erstmalig aufgehoben.

Die günstige Wirkung eines erhöhten Methioninzusatzes zu Hefeprotein wird auch aus den Futterverwertungsdaten deutlich. Bei einer Methioninergänzung von 1,2; 1,7 bzw. 2,3 % von (durchschnittlich) 20,2 % Hefeprotein wurden 3,18; 2,85 bzw. 2,68 g Futter/g Zunahme gemessen. Bei (durchschnittlich) 26,5 % Hefeprotein in der Ration betrugen die korrespondierenden Zahlenwerte 2,79; 2,36 bzw. 2,46 g Futter/g Zunahme.

Allerdings erreichten die Futterverwertungsdaten der besten Hefegruppen das Niveau der Sojakontrollgruppen nicht. Die 20,2 %-Proteinsojagruppe (4) hatte 2,61 g Futter/g Zunahme verbraucht, in den 20,5 % Protein-Hefegruppen (2) und (3) wurden dagegen 2,85 bzw. 2,68 g Futter/g Zunahme gemessen. Die Futterverwertung der 26 % Proteinhefegruppe (7) mit 1,8 % Methioninzusatz wurde mit 2,36 g Futter/g Zunahme errechnet. Auch sie lag (signifikant mit $P < 0,001$) ungünstiger als der entsprechende Kontrollgruppenwert mit 2,11 g/g.

Aus den Ergebnissen kann geschlossen werden, daß die bisher verwandte Methionin-Ergänzung des Hefeproteins von 1,2 % offensichtlich nicht ausreichte, um die Qualität des Hefeproteins (als alleinige Proteinquelle im Wachtelfutter) auf einen möglichen Höchstwert anzuheben. Eine eindeutige Schlußfolgerung über den optimalen Methionin-Zusatz zu Hefeprotein erlauben die Versuchsergebnisse allerdings nicht. Bei 30 % Hefe in der Wachtelaufzucht ration hatten sich 2,3 % zugesetztes DL-Methionin günstiger erwiesen als 1,7 % (Unterschied in der Futtermittelverwertung $P < 0,01$). Bei 40 % Hefe in der Ration wurde die beste Leistung mit 1,8 % DL-Methionin im Vergleich zu 2,3 % erzielt. Man dürfte auf Grund dessen kaum fehlgehen in der Annahme, daß sich die optimale Methionin-Ergänzung von Hefeprotein (bezogen auf eine Mischung von Laveria : Toprina im Verhältnis 1 : 1) zwischen 1,7 und 2,0 % bewegen wird.

Es überrascht, daß die im Vergleich zu den Sojakontrollgruppen gleichwertige Wachstumsleistung der jeweils besten Hefegruppe nicht von einer gleichrangigen Futtermittelverwertung begleitet war. Möglicherweise wurde aber die Energiekonzentration, die aus publizierten Untersuchungen entnommen als Rechenwert in die Rezepturerstellung eingegangen war, zu hoch eingeschätzt. Damit wäre in den Sojarationen mehr Energie enthalten gewesen als in den Heferationen. Die Unterschiede in der Futtermittelverwertung ließen sich dann zwanglos als Folge der verschiedenen kalorischen Dichte der verglichenen Rationen erklären.

3.13 Diskussion der Ergebnisse mit halbsynthetischen Rationen

3.13.1 Grundsätzliche Anmerkungen

Für die Prüfung eines Proteinträgers erweist sich seine Verwendung als alleinige Proteinquelle in einer Futtermischung als nahezu ideal. Eine derartige Versuchstechnik hat die Verwendung halbsynthetischer Rationen zur Voraussetzung. Dabei wurde in der Vergangenheit wie auch in den hier vorgelegten Untersuchungen immer wieder gern auf Sojaprotein - sei es in Form von Sojaextraktionsschrot oder als isoliertes Sojaprotein - zurückgegriffen. Kaum ein anderes Protein fällt von Charge zu Charge und von Ernte zu Ernte so gleichmäßig in seiner Zusammensetzung und Qualität an wie Sojaprotein, das gleichzeitig in seinen Verwendungsmöglichkeiten weitgehendst bekannt ist. Der Einsatz von Sojaprotein - hier als Mischung von Sojaschrot und isoliertem Sojaprotein - als Kontrollprotein dürfte sich auch in den eigenen Untersuchungen als richtig erwiesen haben, was durch von Versuch zu Versuch vergleichbare Wachstumsraten und geringe Tierverluste belegt werden kann.

Aber auch Fischmehlprotein konnte - zumindest in Rationen mit 18 und mehr Prozent Rohprotein - erfolgreich als Referenzprotein eingesetzt werden. Dies wird nicht zuletzt auf die bewußte Verwendung möglichst basischer oder neutraler Mineralsalze zur Mineralstoffergänzung zurückgeführt. Da Fischmehl als reich an sauren Valenzen (besonders PO_4^{---}) gelten darf, führt die Verwendung saurer Mineralsalze in halbsynthetischen Mischungen oft zu Wachstumsdepressionen.

Gleichzeitig dürfen die guten Ergebnisse, welche mit Fischmehl als alleinigem Rationsprotein erzielt wurden, als Beweis angeführt werden, daß ausschließlich eine relativ hohe Konzentration essentieller Aminosäuren in einem Protein, wie sie in Fischmehlprotein fraglos vorliegt, nicht per se zu einer Beeinträchtigung der Gewichtsentwicklung führen muß.

Von dieser Feststellung werden allerdings Fischmehle schlechter Qualität, etwa infolge bakterieller Kontamination oder proteinschädigender Herstellungsverfahren, ausgenommen.

Die Schwierigkeiten einer an sich als richtig erkannten Versuchsanlage, wobei die zu prüfenden Eiweißfuttermittel als alleinige Proteinquelle dienen, werden aber deutlich, wenn das zu untersuchende Futtermittel in höheren Konzentrationen ($\geq 20\%$) zur Ausbildung von Unverträglichkeitserscheinungen führt und isoliertes Protein desselben Ursprungs nicht zur Verfügung steht.

Eben dieser Befund mußte aber bei den Alkan-Hefen in Hühnerkükenexperimenten erhoben werden. Regelmäßig wurden besonders deutlich bei 30 und 40 % Hefe beider Typen in der Ration Durchfallerscheinungen bei Küken beobachtet. Auf die hieraus resultierende Verdaulichkeitsdepression, die alle Hefenährstoffe einbegreifen dürfte, wurde bereits mehrfach hingewiesen.

Sicherlich aber dürfte ein Zusammenhang zwischen Unverträglichkeit und Wachstumsdepression, wie sie so deutlich in Kükenexperimenten beobachtet werden mußten, bestehen.

Die auslösenden Faktoren konnten tierexperimentell nicht aufgeklärt werden. An dieser Stelle können deshalb nur 2 Hypothesen vertreten werden.

Obwohl für die NFE-Fraktion von Hefen, die vorwiegend aus Glukan und Mannan besteht, Verdaulichkeitsquotienten von 53 - 78 % angegeben werden (54, 70), darf bezweifelt werden, ob diese Zahlenwerte tatsächlich das Ausmaß der durch wirtseigene Enzyme erfolgenden Hydrolyse dieser Zellwandbestandteile und deren Resorption widerspiegeln. In den tierexperimentell ermittelten VQ gehen auch sämtliche bakteriell verursachten Hydrolysevorgänge eines Nährstoffs mit ein. Eine derartige "Verdauung" ist für den Wirt aber in der Regel ohne Nutzen, besonders dann, wenn sie beispielsweise in den Enddärmen erfolgt. Weiter entstehen als Folge der mikrobiellen "Verwertung" eines Kohlenhydrats meist kurzkettige Fettsäuren, die ihrerseits ein Absinken des pH im Darminhalt bewirken, welches dann seinerseits das durchfallauslösende Agens darstellt. Beispiele dieser Art sind beim milchernährten Mastkalb vielfach bekannt (28). Gleiches gilt beim Geflügel für Lactose, da diesem das Lactose spaltende Enzym

Lactase fehlt. Bereits 5 - 10 % Lactose im Futter führen beim Geflügel zu einer vermehrten Wasserausscheidung über die Faeces.

Verdauungsenzyme, welche die kompliziert gebauten Glukane und Mannane auf die Stufe ihrer monomeren Bausteine hydrolysieren könnten, sind zumindest bisher nicht bekannt. Den genannten Polysacchariden kann daher durchaus Bedeutung bei der Entstehung der beschriebenen Durchfallerscheinungen zugemessen werden.

Ferner wird die Verträglichkeit von Alkan-Hefen durch ihren Gehalt an Nucleinsäuren (bzw. Nucleotiden und Nucleosiden) bestimmt (8). Schließlich muß auch - im Fall der Toprina-Hefe - dem Gehalt an Restkohlenwasserstoffen Beachtung geschenkt werden. Auch hier können tierexperimentell ermittelte relativ hohe Verdauungskoeffizienten (54, 70) in Wahrheit mikrobiell bedingt sein und so eine Ausnutzung der Rohfettfraktion durch den Wirt mehr oder weniger vortäuschen.

Jedenfalls muß festgestellt werden, daß die beobachteten Unverträglichkeitserscheinungen einer Etablierung von Alkan-Hefeprotein der untersuchten Zusammensetzung bei Hühnerküken im Wege stehen. Gleichzeitig muß aber darauf verwiesen werden, daß die Unverträglichkeitserscheinungen nicht durch toxische Faktoren ausgelöst werden dürften. Einer solchen Deutung stehen die überzeugenden Befunde von ENGEL (1972) entgegen.

Bei Wachtelküken konnten dagegen mit den Alkan-Hefen bessere Ergebnisse erzielt werden. Es überrascht infolge der oben erläuterten Hypothese über die Entstehung schwerwiegender Wachstumsdepressionen bei Küken nicht, daß bei Wachteln die Kotkonsistenz nach Aufnahme höherer Hefe-Gaben weitaus geringer beeinflußt worden war.

Aus diesem Grund scheint sich die Wachtel besonders gut für die Prüfung von Alkan-Hefen zu eignen. Eine Verbesserung der Proteinqualität oder des Futterwertes im allgemeinen etwa durch Zusätze von Aminosäuren oder von Selen dürfte unter diesen Umständen besonders deutlich zutage treten. Es wird aber auch deutlich, mit wieviel Vorsicht tierexperimentelle Ergebnisse

selbst auf verwandte Arten übertragen werden müssen. Abschließend darf angemerkt werden, daß in den Hühnerversuchen III und III b mit halbsynthetischen Rationen, wie auch in Wachtelversuch VII die Mortalitätsrate sich als zuverlässiger Parameter der Güte der geprüften Komponente ausgewiesen hatte. Die schlecht verträgliche Lavera- und Toprina-Dosierung von 40 % der Ration hatte zu Mortalitätsziffern von 16 bzw. 20 % geführt, während in den korrespondierenden Soja-Gruppen nur 1 % Verluste gemessen wurden. In Wachtelversuch VII hatte das Angebot einer nicht methionin-ergänzten Heferation ein deutliches Ansteigen der Mortalitätsziffern über das Versuchsmittel hinaus zur Folge.

Eine derartige Sensitivität des Parameters Mortalität tritt erfahrungsgemäß in vergleichbaren Studien nur bei Verwendung halbsynthetischer Rationen auf. Sie stellt damit einen weiteren grundsätzlichen Vorteil der gewählten Versuchsanlage dar.

5.13.2 Hefeprotein

Daß Hefeprotein einer Methionin-Ergänzung bedarf, war bereits aus den Analysendaten (Aminosäurenmuster) sowie den meisten bekannten und hier zitierten Untersuchungen zu entnehmen. Diese Schlußfolgerung wurde dann auch in Versuch I bestätigt, wobei sich eine Methionin-Ergänzung in Höhe von 1,2 % des Hefeproteins als offensichtlich ausreichend gezeigt hatte.

Als erstes Indiz, daß mit dieser Maßnahme noch nicht alle Möglichkeiten zur weiteren Anhebung der Hefeproteinqualität erschöpft waren, lassen sich die Ergebnisse von Versuch VI deuten. Im Proteinüberschuß (38 % RP) wurden mit 60 % Hefe (1,2 % methioninergänzt) in der Ration deutlich geringere Wachstumsraten erzielt als in den Soja- und Fischmehl-Kontrollgruppen. Ähnlich waren die Unterschiede auch bei 30 % der Proteinträger - entsprechend 19 % Rationsprotein - ausgefallen. Bei Kombination aber von 19 % Hefeprotein mit 19 % Fischmehl- oder Sojaprotein traten keine Differenzen zu den 38 % Fischmehl- bzw. Sojaprotein-Gruppen auf. Dieser Befund ließe sich mit einiger Sicherheit wohl als Ergänzungswirkung von Fischmehl- bzw. Sojaprotein auf das Hefeprotein (Lavera : Toprina = 1 : 1) erklären.

In Wachtelversuch VII wurde Methionin dann auch als erste limitierende Aminosäure in Hefeprotein bestätigt.

In den Wachtelversuchen IX und XI sowie im Hühnerkükenversuch X konnte dann gezeigt werden, daß optimale Ergebnisse mit Hefe in der Ration erst dann erhalten werden, wenn sich der Methionin-Zusatz zwischen 1,5 und 2,0 % des Hefeproteins bewegt.

Diese Ergebnisse werden in der Tendenz durch Untersuchungen von PALMER und SMITH (1971) an Ratten bestätigt. Ein Methioninzusatz von 1,8 % des Hefeproteins hatte hier zu besseren Zahlenwerten der biologischen Wertigkeit von Hefeprotein geführt als 0,9 %.

Neueste Untersuchungen von D'MELLO (1973) mit Toprina-Hefe an Hühnerküken etablieren ebenfalls die optimale Methionin-Ergänzung von Hefeprotein bei 1,7 % vom Protein.

Mit einer Methionin-Ergänzung von Hefeprotein in der hier aufgezeigten Größenordnung wird insgesamt mehr Methionin + Cystin angeboten, als die gebräuchlichen und auch zuverlässigen Bedarfszahlen mit 3,8 % Schwefelaminosäuren vom Rohprotein erfordern würden. Daß dennoch ein Gesamt-Schwefelaminosäurenangebot aus Hefeprotein + zugesetztem DL-Methionin von 4,1 - 4,6% des Rohproteins für optimales Wachstum erforderlich scheint, kann nur infolge der möglicherweise geringen Verfügbarkeit dieser Schwefelaminosäuren im Hefeprotein erklärt werden.

Tatsächlich weisen auch entsprechende Untersuchungen für Cystin jeweils einen geringeren Verfügbarkeitswert als ^{der} Mittelwert aller Aminosäuren aus Hefeprotein aus (8, 54).

Arginin muß als 2. limitierende Aminosäure in Hefeprotein gelten (Versuch VII). Dieses tierexperimentelle Ergebnis wird durch die Analysendaten bestätigt, welche für Lavera- bzw. Toprina-Protein 4,6 bzw. 4,9 % Arginin vom RP ausweisen. Damit wird der korrespondierende Küken-Bedarfswert von 6 % um 1,4 bzw. 1,1 % unterschritten. Dieser Arginin-Mangel wird durch die relativ hohe Lysin-Konzentration in Hefeprotein noch verstärkt (2).

Der positive Effekt eines Arginin-Zusatzes in Höhe von 2,8 % zum Hefeprotein konnte in Versuch V augenfällig demonstriert werden. Wie sich aus den Daten von Versuch VII abschätzen ließ, müßten für optimales Wachstum bereits 1,9 % genügen.

Dieser Schätzwert findet seine Bestätigung durch Angaben von D'MELLO (1973). Hier wurden mit 2,2 % Arginin-Zusatz zum Hefeprotein (ca. 14 %) die besten Ergebnisse erreicht.

Bei der Verwendung von Hefeprotein (Lavera : Toprina = 1 : 1) als alleinigem Rationsprotein sollten auf Grund der vorgelegten Ergebnisse eine Methionin-Ergänzung von ca. 1,8 % sowie ein Arginin-Zusatz von ca. 2,0 % des Proteins erfolgen.

3.13.3 Selen-Ergänzung der Alkan-Hefen

Wie SCHWARZ und FOLTZ (1958) zeigen konnten, muß mit dem Auftreten eines Se-Mangels nach Verfütterung von Hefen gerechnet werden. Dies trifft sicherlich auch für Lavera-Hefe und wahrscheinlich auch für Toprina-Hefe zu, wie aus den Ergebnissen von Versuch IV hervorgeht. Ein Zusatz von 0,3 ppm Se zu einer Lavera-Ration mit 12 % Rationsprotein hatte das 29 Tage-Körpergewicht um 10 % ansteigen lassen ($P < 0,05$). Dem geringen Effekt einer Selen-Ergänzung in der proteinäquivalenten Toprina-Ration (2 %) kommt keine Signifikanz zu ($P > 0,1$). In den Toprina-Gruppen konnte diese Wachstumssteigerung (ohne Se-Ergänzung) durch eine Sonder-Vitamin-Vormischung mit 100 ppm Vitamin E übertroffen werden (+ 4 %). Se-Zulagen zu dieser Mischung blieben ohne Einfluß auf die Leistung.

Es darf daher angenommen werden, daß der Se-Mangel in den Alkan-Hefen nicht so gravierend ausgeprägt ist, als daß er nicht erfolgreich mit erhöhten Vitamin E-Gaben kompensiert werden könnte.

Selen-Mangel bei Geflügel führt zu Pankreasdystrophie, zu einer verminderten Fettresorption und damit auch zu einer geringeren Resorption des fettlöslichen Vitamins E(47). Durch ein gesteigertes Vitamin E-Angebot kann trotz Verdaulichkeitsdepression die Versorgung des Organismus mit Vitamin E wieder in bedarfsgerechter Höhe sichergestellt werden.

Selen-Mangel-Erscheinungen, die nur durch Selen-Gaben behoben werden können, lassen sich im Kurzzeitexperiment bei Geflügel nur durch das Angebot vollsynthetischer Rationen erzeugen, deren Se-Gehalt in der Regel zwischen 0,001 und 0,006 ppm Se liegt.

Es darf daher geschlossen werden, daß der relativen Se-Armut der Alkan-Hefen im Fütterungsexperiment durch eine angehobene Vitamin E-Versorgung (ca. 100 ppm) erfolgreich entgegengewirkt werden kann.

3.13.4 Abschließende Betrachtungen

Zusammen mit einem anderen Proteinträger (Soja oder Fischmehl) konnten 30 % Alkan-Hefe im Wachtelfutter eingesetzt werden (Versuch VI), ohne daß Wachstumsunterschiede im Vergleich zur Kontrollgruppe beobachtet wurden. Dieses Ergebnis wird durch weitere eigene, noch nicht veröffentlichte Untersuchungen mit optimal methionin- (1,8 %) und arginin-(2,8 %)ergänzter Toprina-Hefe zumindest bestätigt. Bisher erstmalig konnten im Wachtel-experiment 20 und 30 % Alkan-Hefe (Lavera : Toprina = 1 : 1) als alleiniges Rationsprotein (1,8 bzw. 2,3 % methionin- und 2,8 % arginin-ergänzt) mit gleichem Wachstumserfolg wie Soja-Protein eingesetzt werden.

Diese Daten dürften belegen, daß die Verwendung von Hefeprotein aus den Alkan-Hefen auch als Referenzprotein zumindest grundsätzlich möglich ist.

Allerdings muß hier einschränkend angemerkt werden, daß diese Schlußfolgerung für Toprina-Hefe der hier geprüften Charge nicht zutrifft. In weiterführenden Versuchen konnten nämlich allein mit Toprina-Hefe die Ergebnisse von Versuch XI nicht reproduziert werden.

Insofern besteht Anlaß darauf hinzuweisen, daß in 5 von 6 Versuchen (I, II, III, IIb, IV - nicht dagegen in Versuch V) Toprina-Hefe immer deutlich schlechter abgeschnitten hatte als Lavera-Hefe. Möglicherweise muß doch für Toprina - vielleicht nur fallweise - mit Verunreinigungen, beispielsweise durch Restkohlenwasserstoffe, gerechnet werden, die in Lavera-Hefe infolge des während des Produktionsvorganges eingeschalteten Extraktionsprozesses nicht oder in wesentlich geringerem Maße auftreten.

Es kann ferner nicht ausgeschlossen werden, daß die hier beobachteten und beschriebenen Unterschiede im Futterwert von Lavera- und Toprina-Hefe auf (mehr oder weniger zufälligen) Chargendifferenzen beruhen, deren Vorkommen nach Aufnahme der kontinuierlichen Produktion im großtechnischen Maßstab eine geringere Wahrscheinlichkeit zuzumessen wäre.

Um künftig eine Evaluation von Hefeprotein aus Gasöl und n-Paraffinen vornehmen zu können, welche versuchstechnisch nicht mehr durch Sonderwirkungen der anderen Hefe-Nährstofffraktionen beeinflusst wird, wäre ein gereinigtes Proteinkonzentrat von großem Nutzen. Dann könnte auch abschließend entschieden werden, ob und inwieweit der NFE-Fraktion, dem Rohfett und/oder dem Purin-Gehalt der Hefen, dessen Abtrennung technisch möglich erscheint (51), für die bei Hühnerküken noch auftretenden Wachstumsdepressionen Bedeutung zukommt.

4.1 Zusammenfassung

Eine ausführliche Darstellung der vorhandenen chemisch-analytischen Daten über die Zusammensetzung von Alkan-Hefen sowie der tierexperimentellen Befunde über die Einsatzmöglichkeiten dieser Futtermittel in der Tierernährung wird den eigenen Untersuchungen vorangestellt.

In 12 Versuchen (6 Hühner- und 6 Wachtelkükenversuche) an insgesamt 4380 Eintagsküken (B 975, ♂) sowie 1872 Wachtelküken beiderlei Geschlechts einer institutseigenen Koloniezucht wurde der Futterwert der Alkan-Hefen Lavera (Gasölhefe) und Toprina (n-Paraffinhefe) bei Hefekonzentrationen zwischen 7,5 und 60 % im Alleinfutter einer Prüfung unterzogen.

Von 6 Hühnermastversuchen wurden 2 mit einer praxisnah zusammengesetzten Futtermischung, 4 dagegen mit halbsynthetischen Rationen, in denen Hefeprotein als alleiniges Rationsprotein diente, durchgeführt. Halbsynthetische Rationstypen wurden auch in allen Wachtelversuchen angeboten.

Ergebnisse

In 2 Studien (1260 Hühnerküken) über 7 Wochen Dauer mit praxisnaher Fragestellung konnte gezeigt werden, daß 10 bis maximal 15 % methionin-ergänzte Alkan-Hefe - abhängig vom Gesamtproteinangebot - von Broilern gut vertragen und genutzt werden. 20 % Alkan-Hefe in der Futtermischung führten ebenso wie der Verzicht auf Methioninergänzung zu deutlichen Wachstumsdepressionen gegenüber den Soja- und Fischmehl-Kontrollgruppen.

In 2 weiteren Broilerversuchen an insgesamt 2220 Tieren wurden bei ca. 12, 18 und 24 % Rationsprotein beide Hefe-Typen mit proteinäquivalenten und isokalorischen Soja- bzw. Fischmehlrationen verglichen. Dabei erreicht^{ED} in Versuch III die Lavera- (Toprina-) Gruppen jeweils nur 66 (52), 55 (46) bzw. 42 (39) % des korrespondierenden Soja-Gruppen-Körpergewichts. Die Mortalitätsrate in den jeweiligen 3 Lavera-, Toprina- bzw. Soja-Gruppen hatte 4;7 und 16 %; 10;8 und 20 % bzw. 2;2 und 1 % betragen.

In Versuch IV verbesserten 0,3 ppm Selen-Zulage zu Lavera-Hefe bei 12 % Rationsprotein das Wachstum von Küken signifikant ($P < 0,05$).

Im Wachtel- und Hühnerversuch ergab sich, daß eine Methionin-Ergänzung von 1,2 % des Hefeproteins in halbsynthetischen Rationen offensichtlich nicht ausreicht. Als optimal hatten sich 1,5 - 2,0 % DL-Methionin/Hefeprotein erwiesen. Eine weitere Wachstumssteigerung wurde durch einen L-Arginin-Zusatz in Höhe von 2,8 % zum Hefeprotein erzielt. 1,9 % L-Arginin-Zusatz scheinen aber zu genügen. Eine Ergänzung von Hefeprotein mit 1 % Glycin führte zu keiner Beeinflussung der Wachstumsrate.

6 essentielle Aminosäuren (Lysin, Tryptophan, Threonin, Leucin, Isoleucin und Phenylalanin) scheinen dagegen in Hefeprotein, bezogen auf den Bedarf des Wachtelküken, im Überfluß vorhanden zu sein.

Eine Mischung von Lavera- und Toprina-Hefe (1:1) konnte nach ausreichender DL-Methionin- und L-Arginin-Ergänzung sowie mit Zusatz

von 100 ppm Vitamin E sowohl bei 20 % wie auch bei 26 % Rationsprotein wachstumsäquivalent zu entsprechenden Sojarationen verfüttert werden.

Im Mittel aller Versuche wurden mit Toprina-Hefe in der Regel ungünstigere Ergebnisse als mit Lavera-Hefe erzielt.

Die Ergebnisse werden diskutiert.

4.2 Summary

A review of the analytical and experimental data concerning the composition of alkan grown yeasts and the use of these feedstuffs in animal nutrition is given.

In 12 experiments (6 broiler and 6 quail trials) on a total of 4,380 day-old broiler chicken (B 975, ♂) and 1,872 baby quails (Cot. cot. japonica) of both sexes the nutritional value of the alkan-yeasts Lavera (gas oil yeast) and Toprina (n-paraffin yeast) was tested. Yeast concentrations in the diet ranged between 7,5 and 60 %.

2 experiments with broilers were carried out with a more commercial type-diet, in 4 trials a semipurified diet was offered, containing yeast as the sole source of protein in the diet. Semipurified diets were also applied in all quail experiments.

Results

In two seven weeks-experiments with 1260 broiler chicken using commercial type diets it could be demonstrated that 10 - 15 % of methionine-supplemented alkan yeasts - dependent from the total dietary protein level - were well tolerated and utilised by broilers. 20 % alkan yeast as well as each other level of yeast unsupplemented with methionine led to a significant growth depression in comparison to the soybean- and fishmeal groups.

In two further broiler trials with a total of 2220 chicks both yeasts were compared with isonitrogenous and isocaloric diets containing a mixture of soy bean oil meal and isolated soybean protein or fishmeal as protein sources at dietary protein levels of 12, 18 and 24 %, respectively. In trial III the growth of the Lavera (Toprina) groups was measured only with 66 (52), 55(46) and 42 (39) %, respectively of the corresponding body weights of the soy control groups. The mortality of the 3 Lavera, Toprina and Soy groups amounted to 4, 7 and 16 %; 10, 8 and 20 %; 2, 2 and 1 %, respectively.

In trial IV 0,3 ppm Selenium added to the Lavera diet with 12 % crude protein improved the growth rate significantly ($P < 0.05$).

From one broiler and several quail trials it could be concluded, that a level of 1.2 % DL-methionine added to yeast protein in semipurified diets is not sufficient.

Optimal growth resulted from a supplementation of 1.5 - 2.0 % DL-methionine. A further growth improvement could be demonstrated following an addition of 2.8 % L-Arginine, but 1.9 % L-Arginine seem to be sufficient. Body weight was not affected by addition of glycine.

At a level surpassing the requirement of the baby quail, 6 essential amino acids (Lys, Trp, Thr, Leu, Ile and Phe) seem to be present .

A mixture of Lavera and Toprina yeast (1:1), sufficiently supplemented with methionine , arginine and vitamin E (100 ppm), could be successfully compared with soy protein groups at levels of 20 and 26 % dietary protein.

On the average of all trials isocaloric levels of Lavera yeast led to a better growth rate and feed conversion than Toprina yeast. The results are discussed.

5. Literaturverzeichnis

- 1) -, The Wellcome Foundation, Cooper Nutrition Products Ltd. and BP Proteins Ltd., at the Wellcome Veterinary Research Station, Frant
- 2) AUSTIC, R.E. und M.C. NESHEIM, Role of Kidney Arginase in Variations of the Arginine Requirement of Chicks.
Journal of Nutr. 100, 855 (1970)
- 3) BARBER, R.S., R. BRAUDE, K.G. MITCHELL and A.W. MYRES, The value of hydrocarbon-grown yeast as a source of protein for growing pigs.
Brit. J. Nutr. 25, 285 (1971)
- 4) BARRY, M.O., Untersuchungen zur Proteinversorgung des milch-ernährten Kalbes.
Diss. Techn. Universität München, Fakultät f. Landwirtschaft, München 1969
- 5) BECK, H., H. ERBERSDÖBLER und J. GROPP, Erdölhefe als Referenzprotein.
27. Tagung d. Ges. f. Ernährungsphys. d. Haustiere, Gießen 9.-11. April 1973
- 6) BIGWOOD, E.J., Alkane grown yeast.
In: Proteins from Hydrocarbons, ed. by Gounelle de Pontanel, S. 172. Academic Press, London and New York, 1972
- 7) BOCK, H.-D., J. WÖNSCHE, U. HERRMANN und B. HOFFMANN, Neuere Untersuchungen über den nutritiven Proteinwert von biosynthetisch hergestellten Eiweißfuttermitteln unterschiedlicher Ausgangsmaterialien.
Arch. Tierern. 18, 417 (1968)
- 8) BOCK, H.-D., J. WÖNSCHE, U. HERRMANN und F. KREIENBRING, Weitere Untersuchungen über den Eiweißwert von Futtermitteln.
Sitzungsber. Dtsch. Akad. Landw. Wiss. zu Berlin XIX, H.3, 115 (1972)
- 9) BOEHNCKE, Renate, persönl. Mitteilung (1973)

- 10) BRÜGGEMANN, J., H. ERBERSDOBLER und H. ZUCKER, Untersuchungen über die Proteinqualität von Fischmehlen und Tierkörpermehlen.
Z. Tierphysiol., Tierern., Futtermittelkde. 25, H.3, 125 (1969)
- 11) CHAMPAGNAT, A. und D.A.B. LLEWELYN, Protein from Petroleum.
New Scientist 317, 612 (1962)
- 12) DOCTOROVIČ, M.A. und J.T. NOZDRIN, Einfluß der auf gereinigten, flüssigen Paraffinen gezüchteten Futterhefen auf das Wachstum, die Entwicklung und die generative Funktion junger Schweine.
Mikrobiol. sintez Nr. 14, 14 (1967)
- 13) DUBEN, Z. und Š. HALADEJ, Gesundheitliche Unbedenklichkeit der aus petrochemischen Rohstoffen hergestellten Futtermittel für Mastküken.
Výživy Zvířat, Praha 4, Nr. 5/6, 513 (1968)
- 14) ENGEL, C., Safety evaluation of yeast grown on hydrocarbons
In: Proteins from Hydrocarbons, ed. by Gounelle de Pontanel, S. 53. Academic Press, London and New York 1972
- 15) De GROOT, A.P., and V.J. FERON, Toxicological examination of pigs fed on yeast rations.
Central Instituut voor Voedingsonderzoek, Utrechtseweg 48, Zeist, Rapport No. R 2478, August 1967
- 16) De GROOT, A.P., H.P. TIL and V.J. FERON, Safety evaluation of yeast grown on hydrocarbons. I. One-year feeding study in rats with yeast grown on gas oil.
Fd. Cosmet. Toxicol. 8, 267 (1970a)
- 17) De GROOT, A.P., H.P. TIL and V.J. FERON, Safety evaluation of yeast grown on hydrocarbons. II. One year feeding study in rats with yeast grown on pure n-paraffins.
Fd. Cosmet. Toxicol. 8, 499 (1970b)
- 18) De GROOT, A.P., H.P. TIL and V.J. FERON, Safety evaluation of yeast grown on hydrocarbons. III. Two year feeding and multi-generation study in rats with yeast grown on gas oil.
Fd. Cosmet. Toxicol. 9, 787 (1971)

- 19) D'MELLO, J.P.F., Amino Acid Supplementation of Hydrocarbon-grown Yeast in Diets for Young Chicks.
Nutrition Reports International 8, Nr. 8, 105 (1973)
- 20) GROPP, J. und H. ZUCKLER, Untersuchungen zur Wachtelaufzucht mit halbsynthetischen Rationen.
Ztschr. Versuchstierkde. 11, 155 (1969)
- 21) GROPP, J., Tierexperimentelle Untersuchungen über die Proteinqualität von Körnermais.
Landw. Forschung 23/II. Sonderheft, S. 49 (1969)
- 22) GROPP, J., Untersuchungen über den Proteinbedarf des Mastkalbes.
In: Aktuelle Themen der Tierernährung und Veredlungswirtschaft. Zusammenfassung der Vorträge der wiss. Tagung vom 15.-16.Okt.1970 in Cuxhaven-Duhnen, S. 75 (1971)
- 23) GROPP, J., V. SCHULZ und H. BECK, Über den Futterwert von Erdölhefen in der Geflügelernährung.
26. Tagung der Ges. f. Ernährungsphysiologie d. Haustiere München 12.-14.4.1972
- 24) GROPP, J., Auf dem Weg zum Milchproteinersatz.
Kraftfutter 55, 294 (1972)
- 25) GROPP, J., H. BECK und H. ERBERSDOBLER, Kälberaufzucht ohne Magermilch.
Kraftfutter 56, 324 (1973)
- 26) GROPP, J. und K. KÖNIG, Kristalline Aminosäuren als vollwertiges Nahrungsprotein.
Naturwissenschaften 60, H. 3, 161 (1973)
- 27) GROPP, J., Modellversuche zur Ermittlung der Verwertung milchfremder Proteinquellen bei Mastkälbern.
Bayer. Landw. Jahrbuch 50, H. 1, 83 (1973)
- 28) GROPP, J., Studien über die Verwertung von Nahrungskohlenhydraten beim Mastkalb.
Habilitationsschrift. Tierärztl. Fakultät Univ. München 1973
- 29) HOLMES, W.B., P.H. HOLROYD und C.A. SHACKLADY, The Practical Application of BP Protein in Rations for Turkeys and Laying Birds.
Abstr. 14th World's Poultry Congr. Madrid, Sec. 3, 410 (1970)

- 30) JUST, I., W. SCHNABEL und S. ULLMANN, Submerse Züchtung von Kohlenwasserstoffzehrenden Hefen und Bakterien. Die Brauerei 4, Nr. 8, 57-60, 71-100, 100-103 (1951)
- 31) KLIBER, M., Der Energiehaushalt von Mensch und Haustier. Verlag Paul Parey, Hamburg-Berlin 1967
- 32) KÖNIG, K., H. ERBERSDÖBLER und J. GROPP, Entwicklung einer vollsynthetischen Ration für Küken. Vortrag, 27. Tagung der Ges. f. Ernährungsphysiol. d. Haustiere, Gießen 9.-11. April 1973
- 33) LABIE, A.J. and D. HEWITT, The use of n-paraffin-grown yeast in diets for chicks. Proc. Nutrition Soc. 32, 78 A (1973)
- 34) LLEWELYN, D.A.B., The Production of Protein Concentrate Biomass from Hydrocarbons. Symp. on Microbiology, London 19.-20.9.1967
- 35) MASON and PALMER, unveröffentlicht, zit. nach PALMER, R. and R.H. SMITH (43)
- 36) MATELES, D.J. and S.R. TANNENBAUM, Economic Botany 22, 42 (1968), zit. nach SCHILLER, K. et al. (55)
- 37) McNAB, J.M. and D.W.F. SHANNON, J. Sci. Ed. Agric. 22, 600 (1972)
- 38) MOERMANN Jr., P.C., Drs. P. SLUMP, Drs. H.J. VOS and J.H. DHONT, Analysis of some samples of meat and fat from four pigs. Central Instituut voor Voedingsonderzoek, Utrechtseweg 48 Zeist, Rapport No. R 2709, July 1968
- 39) MORAN, E.T., Jr., J.D. SUMMERS and W.T. PEPPER, Nutritional Evaluation of Selected Milling Fractions From Wheats of Different Type and Geographical Area of Production: First Three Limiting Essential Amino Acids for the Chick and Performance Under Dietary Conditions Calculated Adequate. Poultry Sci. 49, 371 (1970)

- 40) NORTHCOTE, D.H. und R.W. HORNE, Biochem. J. 51, 232 (1952),
zitiert nach BOCK, H.-J. et al. (8)
- 41) OTUKA, S. und M. MITA, Zur Verwendbarkeit von n-Paraffin-SCP
japanischer Produktion als Futtermittel für Broiler
und Legehennen.
XIV. Internationaler Geflügelkongreß Madrid, Com.
Cient. Col. II, 1005 (1970)
- 42) PALFIJ, I. Ju., Der Einfluß von Futterhefe aus gereinigten
Erdölparaffinen auf die Leistung und einige Aspekte
des Phosphoraustausches im Organismus von Schweinen.
Mikrobiol. sintez Nr. 3, 6 (1968)
- 43) PALMER, R. and R.H. SMITH, The nutritional evaluation of
single-cell proteins.
Proc. Nutr. Soc. 30, 60 A (1971)
- 44) PARUELLE, J.L., R. TOULLEC, J.F. FRANTZEN und C.M. MATHIEU,
Utilisation digestive des protéines de remplacement
par le veau pré-ruminant.
Xème Congrès International de Zootechnie Versailles
1971
- 45) PETERSEN, U. und K. SCHILLER, Analytische und tierexperimen-
telle Untersuchungen über die Proteinqualität
von Erdölhefen und deren Einsatz in der Schweine-
mast.
Vortrag, 26. Tagung Ges. f. Ernährungsphysiol. d.
Haustiere, München 12.-14. April 1972
- 46) RŮŽIČKA, B. und J. VAVÁK, Erfahrungen mit der Verwendung von
Hefen aus petrochemischen Rohstoffen.
Kongr. Chemie in der Landwirtschaft, Bratislava,
Sekt. B, S. 82 (1969)
- 47) SCOTT, L., C. NESHEIM and R.J. YOUNG, Nutrition of the
Chicken. S. 317
M.L. Scott & Associates, Ithaca, New York 1969
- 48) SHACKLADY, C.A., Production and Utilization of BP Protein
Concentrate. Part II. The Use of Hydrocarbon-grown
Yeasts in Commercial Type Rations for Pigs and
Poultry.
Vortrag 2. Internat. Conference on Global Impacts of
Applied Microbiology, Addis Abeba 6.-11.XI.1967

- 49) SHACKLADY, C.A., Weitere Beobachtungen zur Verwendung der auf Kohlenwasserstoffbasis gezüchteten Hefe im Schweine- und Geflügelfutter.
3. Internat. Kongreß über die Gesamtwirkungen angewandter Mikrobiologie. Bombay, Indien, 7.-12.XII.1969
- 50) SHACKLADY, C.A. und E. GATUMEL, The Nutritional Value of Yeast Grown on Alkanes, S.23
In: Proteins from Hydrocarbons, ed. by Gounelle de Pontanel, Academic Press, London u. New York 1972
- 51) SHACKLADY, C.A., Diskussionsbeitrag zu 50), S. 48
In: Proteins from Hydrocarbons, ed. by Gounelle de Pontanel, Academic Press, London und New York 1972
- 52) SHACKLADY, C.A., Diskussionsbeitrag zu 50), S. 51
In: Proteins from Hydrocarbons, ed. by Gounelle de Pontanel, Academic Press, London und New York 1972
- 53) SHANNON, D.W.F. and J.M. McNAB, The Effect of Different Dietary Levels of a n-Paraffin-grown Yeast on the Growth and Food Intake of Broiler Chicks.
Brit. Poultry Sci. 15, 267 (1972)
- 54) SHANNON, D.W.F. and J.M. McNAB, The Digestibility of the Nitrogen, Amino Acids, Lipid, Carbohydrates, Ribonucleic Acid and Phosphorus of an n-Paraffin-grown Yeast when Given to Colostomised Laying Hens.
J. Sci. Fd. Agric. 24, 27 (1973)
- 55) SCHILLER, K., K. ŠIMEČEK und H.J. OSLAGL, Mikrobiell produzierte Eiweißfuttermittel in der Tierernährung.
1. Mitteilung. Untersuchungen zur ernährungsphysiologischen Bewertung des Proteins von Hefen, gewachsen auf Rohöl-, n-Paraffinen und anderen Substraten.
Z. Tierphysiol., Tierern., Futtermittelkde. 30, H.5, 246 (1972)
- 56) SCHWARZ, K. and C.M. FOLTZ, Factor 3 Activity of Selenium Compounds.
J. biol. Chemistry 235, 245 (1958)

- 57) SENEZ, J. C., Single Cell Proteins. The Present and Potential Role of Yeasts Grown on Alkanes, S. 3
In: Proteins from Hydrocarbons, ed. by Gounelle de Pontanel. The Proceedings of the 1972 Symposium at Aix-en-Provence. Academic Press, London and New York (1972)
- 58) SOMOGYI, J.C., Die ernährungsphysiologische Bedeutung der Hefe, Berlin 1944. Zit. nach BOCK, H.-D. et al.(8).
- 59) TKÁČEV, J.F. und G.M. BAŽOW, Mischfutter mit Hefen, die auf Erdölbasis hergestellt wurden, für die Schweinemast. Svinovodstvo, Moskva 22 Nr. 9, 14 (1968)
- 60) TKÁČEV, J.F., Einfluß der Futterhefe mit verschiedenem Kohlenwasserstoffgehalt auf das Wachstum und die Gesundheit der Schweine.
Materialy naucnoj konferencii Kubanskogo S CH I, posvascennoj 50-letiju Velikoj Oktjabrskoj socialisticeskoj revoljucii, S. 203 (1967)
- 61) TOULLEC, R. et al., unveröffentlicht.
Zit. nach SHACKLADY, C.A. und E. GATUMEL (50)
- 62) VOGT, H., Versuche über den Eiweißbedarf der Wachtelküken im ersten Abschnitt der Aufzucht.
Arch. f. Geflügelkde. 33, 274 (1969)
- 63) VOGT, H., Versuche über den Cholinbedarf der Wachtelküken im ersten Abschnitt der Aufzucht.
Arch. Geflügelkde. 34, 41 (1970)
- 64) VOGT, H., Einfluß von Nucleotiden auf das Wachstum und die Futterverwertung von Mastküken und Wachteln.
Arch. Geflügelkde. 36, 191 (1972)
- 65) Van der WAL, P. and C.A. SHACKLADY, Protein Grown on Gas Oil in Rations of Sows and Piglets.
2nd World Conference on Animal Production. Univ. of Maryland, July 1968
- 66) WASLIEN, C.J., D.H. CALLOWAY and S. MARGEN, Uric Acid Production of Men Fed Graded Amounts of Egg Protein and Yeast Nucleic Acid.
Amer. J. Clin. Nutr. 21, 892 (1968)

- 67) Van WEERDEN, E.J., BP-Yeast in Broiler Rations.
Experiment P-B-13. I.L.O.B. Wageningen, 13.1.1966
- 68) Van WEERDEN, E.J., Metabolizable energy and digestibility
of BP Lavera yeast.
ILOB-Report No. 136, 9.8.1966
- 69) Van WEERDEN, E.J., C.A. SHACKLADY and P. v. der WAL, Yeast Grown
on Gas Oil. 1. Its Use in Poultry Feeds.
Paper presented at the 8th International Nutrition
Congress, Prague, Sept. 1969
- 70) Van WEERDEN, E.J., Metabolizable Energy and Digestibility of
BP-Lavera Yeast and BP Grangemouth Yeast.
ILOB Rapport Nr. 221, 17.10.1969
- 71) Van WEERDEN, E.J., BP Grangemouth Yeast in Rations for Broilers.
Experiment P-S-56, Report No. 226, I.L.O.B. Wageningen,
5.12.1969
- 72) Van WEERDEN, E.J., C.A. SHACKLADY and P. v. d. WAL, Hydrocarbon
Grown Yeast in Rations for Chicks.
Brit. Poultry Sci. 11, 189 (1970)
- 73) WHISTLER, R.L. and C.L. SMART, Polysaccharide Chemistry.
Academic Press, New York 1953, zitiert nach SHANNON, D.W.F.
und J.M. McNAB (53)
- 74) ZUCKER, H., J. GROPP, J. PEH und Ch. ZENTZ, Erfahrungen mit
der jap. Wachtel (*Coturnix coturnix japonica*) als La-
bortier sowie einige Ergebnisse von Nährstoffbedarfs-
untersuchungen.
T.U. 22, 416 (1967)
- 75) ZUCKER, H., H. ERBERSDÖBLER und J. GROPP, Untersuchungen über
lysinreichen Mais.
Ztschr. Tierphysiol., Tierern., Futtermittelkde. 23, 193
(1967/68)
- 76) - Das Buch vom Erdöl. Hrsg. BP Benzin und Petroleum AG,
Hamburg. Kleins Druck- und Verlagsanstalt GmbH, Lengerich/
Westf. 1967
- 77) Sojaschrot als Eiweißfuttermittel für Schweine und Geflügel.
Erfahrungen über den Austausch von tierischem durch pflanz-
liches Eiweiß.
Hrsg. American Soybean Institute, Hamburg
- 78) Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt
Kiel, Berichte Nr. F. 3199 Ba 2453/1 1613/69/Sta und
F. 3200 Ba 2454/1 1614/69/Ls (1970)

- 79) Nutrient Requirements of Poultry.No. 1, 5th Revised Edition.
National Academy of Sciences, National Research Council ,
Publication 1345 (1966)
- 80) Protein Advisory Group, Statement No. 4, 5. June 1970,
S. 219. In: Proteins from Hydrocarbons, ed. by Gounelle de
Pontanel, Acad. Press,London and New York, 1972
- 81) Relevant Guidlines of the UN Protein Advisory Group.
PAG Guidline No. 6, 13. March 1970, S. 231.
In: Proteins from Hydrocarbons, ed. by Gounelle de
Pontanel, Academic Press, London and New York 1972.

6. Anhang

Tabelle A 1

Verteilung der Rationsgruppen im Raum

Versuch I

Käfig-Nr.	Code-Nr.	Käfig-Nr.	Code-Nr.	Käfig-Nr.	Code-Nr.	Käfig-Nr.	Code-Nr.
37	(1)	41	(2)	45	(3)	49	(4)
38	(8)	42	(9)	46	(1)	50	(2)
39	(6)	43	(7)	47	(8)	51	(9)
40	(4)	44	(5)	48	(6)	52	(7)
Käfig-Nr.	Code-Nr.	Käfig-Nr.	Code-Nr.	Käfig-Nr.	Code-Nr.	Käfig-Nr.	Code-Nr.
69	(9)	65	(8)	61	(7)	57	(6)
70	(7)	66	(6)	62	(5)	58	(4)
71	(5)	67	(4)	63	(3)	59	(2)
72	(3)	68	(2)	64	(1)	60	(9)
						53	(5)
						54	(3)
						55	(1)
						56	(8)

Tabelle A 2

Varianztabelle für die Rationsgruppen (2) - (9)

7-Wochen-Gewichte, n = 32

Versuch I

Ernährungsursache	SQ	FG	s ²	F	P	Mittelwerte
kan-Hefe-Typ	12.324,5	1	12.324,5	3,620	< 0,072	Lavera: 1462 Toprina: 1423
Methioninzusatz	18.624,5	1	18.624,5	5,470	< 0,026	ohne: 1419 mit: 1467
Alkan-Konzentration	109.044,5	1	109.044,5	32,027	< 0,001	9 % : 1501 19 %: 1384
Alkalietagen	12.720,1	1	12.720,1	3,736	< 0,072	oben: 1423 unten: 1463
Interaktionen						
Meth. x Alkan-Hefe	3,1	1	3,1	-		
Meth. x Konz.	861,1	1	861,1	-		
Alkan-Hefe x Konz.	406,1	1	406,1	-		
Meth. x Alkan-Hefe x Konz.	1300,5	1	1.300,5	-		
Rest	91.929,3	27	3.404,8	-		
esamt	244.642,9	31	-			

Tabelle A 3

Varianztabelle für die Rationsgruppen (2) - (9)

7-Wochen-Futterverwertung, n = 32

Versuch I

Ernährungsursache	SQ	FG	s ²	F	P	Mittelwerte
kan-Hefe-Typ	0,0008	1	0,0008	-	-	Lavera: 2,16 Toprina: 2,15
thioninzusatz	0,0406	1	0,0406	6,094	0,023	ohne: 2,19 mit: 2,12
kan-Konzentration	0,0561	1	0,0561	8,420	0,005	9 %: 2,11 18 %: 2,20
st	0,1933	29	0,0067	-	-	-
samt	0,2900	31	-	-	-	-

Tabelle A 4

Errechnete Rohprotein-, Energie-, Mineralstoff- und
Spurenelement-Gehalte der Rationen
Versuch II

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
% Rohprotein	25,7	25,7	25,7	25,7	25,7	25,7
kcal U.E./kg	3469	3471	3466	3464	3467	3466
% Ca	0,91	0,91	0,92	0,91	0,92	0,92
% P	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
% Na	0,16	0,16	0,16	0,17	0,16	0,16
% K	0,93	1,05	0,97	1,00	0,87	1,03
% Mg	0,15	0,14	0,14	0,16	0,16	0,18
mg Mn/kg	90	92	92	92	91	91
mg Fe/kg	182	208	188	227	188	186
mg Zn/kg	75	115	112	176	172	113
mg Cu/kg	11	11	11	11	11	11

Tabelle A 5

Verteilung der Rationen im Raum
Versuch II

Käfig-Nr.	Ration	Käfig-Nr.	Ration
1	(1)	2	(2)
3	(4)	4	(3)
5	(5)	6	(6)
7	(2)	8	(1)

10	(3)	9	(4)
12	(6)	11	(5)
14	(1)	13	(2)
16	(4)	15	(3)

17	(5)	18	(6)
19	(2)	20	(1)
21	(3)	22	(4)
23	(6)	24	(5)

26	(5)	25	(6)
28	(4)	27	(3)
30	(1)	29	(2)
32	(6)	31	(5)

33	(3)	34	(4)
35	(2)	36	(1)
37	(5)	38	(6)
39	(4)	40	(3)

42	(1)	41	(2)
44	(6)	43	(5)
46	(3)	45	(4)
48	(2)	47	(1)

Tabelle A 6

Aminosäuren-Vormischung enthält auf Maisstärke
in 6 g (= pro kg der fertigen Mischung):

Versuch III

DL-Methionin:	L-Arginin:	Glyzin:	
1,5 g	1,2 g	-	Ration (1)
2,2 g	1,8 g	-	Ration (2)
3,0 g	2,4 g	-	Ration (3)
1,5 g	1,2 g	-	Ration (4)
2,2 g	1,8 g	-	Ration (5)
3,0 g	2,4 g	-	Ration (6)
1,5 g	-	1,2 g	Ration (7)
2,2 g	-	1,8 g	Ration (8)
3,0 g	-	2,4 g	Ration (9)
-	-	-	Ration (10)
-	-	-	Ration (11)
-	-	-	Ration (12)
1,5 g	-	0,6 g	Ration (13)
2,2 g	-	0,9 g	Ration (14)
3,0 g	-	1,2 g	Ration (15)

Tabelle A 7

Mineralstoff-Vormischung enthält auf Maisstärke
in 50 g (= pro kg der fertigen Mischung):

Versuch III

Ca:a)	P:b)	Mg:c)	Na:d)	K:e)	
11,05 g	5,04 g	0,64 g	2,95 g	-	Ration (1)
10,87 g	3,49 g	0,46 g	2,95 g	-	Ration (2)
10,69 g	1,95 g	0,28 g	2,95 g	-	Ration (3)
11,39 g	5,33 g	0,72 g	2,95 g	1,31 g	Ration (4)
11,44 g	3,74 g	0,58 g	2,95 g	-	Ration (5)
11,35 g	2,50 g	0,44 g	2,95 g	-	Ration (6)
10,74 g	6,85 g	0,75 g	2,30 g	1,26 g	Ration (7)
10,40 g	6,17 g	0,63 g	1,94 g	-	Ration (8)
10,08 g	5,54 g	0,50 g	1,56 g	-	Ration (9)
-	1,26 g	0,52 g	1,64 g	3,15 g	Ration (10)
-	1,91 g	0,29 g	1,18 g	2,73 g	Ration (11)
-	2,54 g	-	1,60 g	3,60 g	Ration (12)
11,56 g	5,63 g	0,72 g	2,67 g	0,63 g	Ration (13)
10,15 g	4,39 g	0,58 g	2,54 g	-	Ration (14)
9,72 g	3,14 g	0,44 g	2,37 g	-	Ration (15)

a) Calcium als CaCO_3 bzw. $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

b) Phosphor als $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, Na_2HPO_4 bzw. K_2HPO_4

c) Magnesium als MgO

d) Natrium als NaCl bzw. Na_2HPO_4

e) Kalium als K_2HPO_4 (bzw. KJ)

Tabelle A 8

Spurenelement-Vormischung enthält auf Maisstärke
in 4 g (= pro kg der fertigen Mischung) :

Versuch III

Mn: ^{a)}	Fe: ^{b)}	Zn: ^{c)}	Cu: ^{d)}	J: ^{e)}	
73 mg	-	-	8 mg	0,4 mg	Ration (1)
70 mg	-	-	7 mg	0,4 mg	Ration (2)
67 mg	-	-	6 mg	0,4 mg	Ration (3)
22 mg	72 mg	-	8 mg	0,4 mg	Ration (4)
-	58 mg	-	7 mg	0,4 mg	Ration (5)
-	44 mg	-	6 mg	0,4 mg	Ration (6)
74 mg	61 mg	43 mg	7 mg	0,4 mg	Ration (7)
71 mg	42 mg	39 mg	5 mg	0,4 mg	Ration (8)
68 mg	23 mg	35 mg	3 mg	0,4 mg	Ration (9)
71 mg	33 mg	23 mg	9 mg	-	Ration (10)
66 mg	-	10 mg	8 mg	-	Ration (11)
61 mg	-	-	8 mg	-	Ration (12)
76 mg	53 mg	36 mg	8 mg	0,4 mg	Ration (13)
74 mg	29 mg	30 mg	7 mg	0,4 mg	Ration (14)
72 mg	6 mg	23 mg	5 mg	0,3 mg	Ration (15)

a) Mangan als $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

b) Eisen als Fe-Citrat

c) Zink als ZnCO_3

d) Kupfer als $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

e) Jod als KJ

Tabelle A 9

Vitamin-Vormischung enthält auf Maisstärke
in 20 g (= pro kg der fertigen Mischung) :
Versuch III

Vitamin A	10 000 I.E.
Vitamin D ₃	1 000 I.E.
Vitamin E	25 mg
Vitamin K ₃	2 mg
Thiamin	25 mg
Riboflavin	15 mg
Pyridoxin	8 mg
Nikotinsäure	100 mg
Ca-Pantothenat	20 mg
Vitamin B ₁₂	30 mcg
Folsäure	4 mg
Biotin	300 mcg
Cholinchlorid	2 g
Ascorbinsäure	25 mg

Tabelle A 10

Rationszusammensetzung in %
Versuch IIIb

Die Rationen (11) und (12) entsprechen den Futtermischungen (3) bzw. (6) von Versuch III (Ausnahme: 0,24 % Glyzin-Zusatz zu Lasten von Maisstärke).
Ration (13) gleicht Ration (9) von Versuch III.

Code-Nr. (14)

	%
Purina RP-100	11,530
Sojaschrot (50 % RP)	24,500
Ribonukleinsäuren	2,638
Vormischungen ^{1),2),3)}	6,000
Vitamin-Vormischung ⁴⁾	2,000
Zellulose	2,000
Sojaöl	14,272
Maisstärke	<u>37,060</u>
	100,000

1) Aminosäuren-Vormischung enthält in 6 g auf Maisstärke
(= pro kg der fertigen Mischung) :
DL-Methionin: 3,0 g; Glyzin: 2,4 g.

2) Mineralstoff-Vormischung enthält in 50 g auf Mais-
(= pro kg der fertigen Mischung) : stärke
Ca^{a)}: 10,20 g; P^{b)}: 5,80 g; Mg^{c)}: 0,55 g;
Na^{d)}: 2,80 g.

a) Calcium als CaCO_3 bzw. $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

b) Phosphor als $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, Na_2HPO_4 bzw. K_2HPO_4

c) Magnesium als MgO

d) Natrium als NaCl bzw. Na_2HPO_4

3) Spurenelement-Vormischung enthält in 4 g auf Mais-
(= pro kg der fertigen Mischung) : stärke
Mn^{a)}: 69 mg; Fe^{b)}: 31 mg; Zn^{c)}: 36 mg;
Cu^{d)}: 3 mg; J^{e)}: 0,4 mg.

a) Mangan als $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

b) Eisen als Fe-Citrat

c) Zink als ZnCO_3

d) Kupfer als $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ e) Jod als KJ

Tabelle A 11

Aminosäuren-Vormischung enthält auf Maisstärke
in 8 g (= pro kg der fertigen Mischung):

Versuch IV

DL-Methionin:	L-Arginin:	Glyzin:	
1,5 g	1,2 g	1,2 g	Ration (1)
1,5 g	1,2 g	1,2 g	Ration (2)
1,5 g	1,2 g	1,2 g	Ration (3)
1,5 g	1,2 g	1,2 g	Ration (4)
1,5 g	1,2 g	1,2 g	Ration (5)
1,5 g	1,2 g	1,2 g	Ration (6)
1,5 g	-	1,2 g	Ration (7)
3,0 g	2,4 g	2,4 g	Ration (8)
3,0 g	2,4 g	2,4 g	Ration (9)

Tabelle A 12

Mineralstoff-Vormischung enthält auf Maisstärke
in 50 g (= pro kg der fertigen Mischung):

Versuch IV

Ca: a)	P: b)	Mg: c)	Na: d)	K: e)	
11,05 g	5,04 g	0,64 g	2,95 g	-	Ration (1)
11,05 g	5,04 g	0,64 g	2,95 g	-	Ration (2)
11,39 g	5,32 g	0,72 g	2,95 g	1,31 g	Ration (3)
11,39 g	5,32 g	0,72 g	2,95 g	1,31 g	Ration (4)
11,39 g	5,32 g	0,72 g	2,95 g	1,31 g	Ration (5)
11,39 g	5,32 g	0,72 g	2,95 g	1,31 g	Ration (6)
10,74 g	6,35 g	0,75 g	2,86 g	1,26 g	Ration (7)
10,69 g	1,95 g	0,28 g	2,95 g	-	Ration (8)
10,69 g	1,95 g	0,28 g	2,95 g	-	Ration (9)

a) Calcium als CaCO_3 bzw. $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

b) Phosphor als $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, Na_2HPO_4 bzw. K_2HPO_4

c) Magnesium als MgO d) Natrium als NaCl bzw. Na_2HPO_4

e) Kalium als K_2HPO_4 bzw. KJ

Tabelle A 13

Spurenelement-Vormischung enthält auf Maisstärke
in 2 g (= pro kg der fertigen Mischung):

Versuch IV

Mn: ^{a)}	Fe: ^{b)}	Zn: ^{c)}	Cu: ^{d)}	J: ^{e)}	
73 mg	-	-	8 mg	0,4 mg	Ration (1)
73 mg	-	-	8 mg	0,4 mg	Ration (2) ⁺
22 mg	72 mg	-	8 mg	0,4 mg	Ration (3)
22 mg	72 mg	-	8 mg	0,4 mg	Ration (4)
22 mg	72 mg	-	8 mg	0,4 mg	Ration (5) ⁺
22 mg	72 mg	-	8 mg	0,4 mg	Ration (6)
74 mg	61 mg	43 mg	7 mg	0,4 mg	Ration (7)
67 mg	-	-	6 mg	0,4 mg	Ration (8) ⁺
67 mg	-	-	6 mg	0,4 mg	Ration (9) ⁺

a) Mangan als $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

b) Eisen als Fe-Citrat

c) Zink als ZnCO_3

d) Kupfer als $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

e) Jod als KJ

+) zusätzlich 0,3 ppm

Selen als $\text{Na}_2\text{SeO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Tabelle A 14

Vitamin-Vormischung enthält auf Maisstärke
in 10 g (= pro kg der fertigen Mischung):

Versuch IV

Vitamin A	10 000 I.E.
Vitamin D ₃	1 000 I.E.
Vitamin K ₃	2 mg
Thiamin	25 mg
Pyridoxin	8 mg
Vitamin B ₁₂	50 mcg
Folsäure	4 mg
Biotin	300 mcg
Ascorbinsäure	25 mg

Tabelle A 15

Vitamin-Vormischung II für die Rationen (1), (2), (3), (5) und (7) enthält auf Maisstärke in 10 g (= pro kg der fertigen Mischung):

Versuch IV

Vitamin E	25 mg	
Riboflavin	15 mg	entspricht zusammen mit
Nicotinsäure	100 mg	Vitamin-Vormischung I der
Ca-Pantothenat	20 mg	Vitaminierung der
Cholinchlorid	2000 mg	Versuche III und IIIb

Vitamin-Vormischung II für die Rationen (4) und (6) enthält auf Maisstärke in 10 g (= pro kg der fertigen Mischung):

Versuch IV

Vitamin E	100 mg	zusammen mit Vitamin-Vor-
Nicotinsäure	10 mg	mischung I = Sondervitamin-
Ca-Pantothenat	5 mg	Vormischung für die 20 % Topri-
Cholinchlorid	600 mg	na-Rationen (4) und (6)

Vitamin-Vormischung II für die Rationen (8) und (9) enthält auf Maisstärke in 10 g (= pro kg der fertigen Mischung):

Versuch IV

Vitamin E	100 mg	zusammen mit Vitamin-Vormi-
Nicotinsäure	80 mg	schung I = Sondervitamin-Vor-
Ca-Pantothenat	20 mg	mischung für die 40 % Toprina-
Cholinchlorid	2000 mg	Rationen (8) und (9)

Tabelle A 16

Rohnährstoffanalyse
Versuch IV

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
% Rohprotein	12,3	12,0	12,7	12,7	12,6	12,3	12,8	22,7	23,7
% Rohasche	5,3	5,2	5,1	5,1	5,2	5,1	5,1	6,1	6,3
% Rohwasser	6,5	6,3	6,2	6,2	6,4	6,1	6,5	6,3	6,2
% Calcium	1,29	1,29	1,27	1,29	1,27	1,26	1,24	1,19	1,35
% Phosphor	0,79	0,79	0,77	0,78	0,79	0,79	0,78	0,79	0,84

Tabelle A 17

Aminosäuren-Vormischung enthält auf Maisstärke
in 10 g (= pro kg der fertigen Mischung) :

Versuch V

DL-Methionin: L-ArgininHCl: Glyzin:

1,5 g	-	1,2 g	Ration (1)
1,5 g	-	-	Ration (2)
1,5 g	4,7 g	-	Ration (3)
1,5 g	3,8 g	-	Ration (4)
-	2,7 g	-	Ration (5)
2,2 g	-	1,8 g	Ration (6)
2,2 g	-	-	Ration (7)
2,2 g	7,1 g	-	Ration (8)
2,2 g	5,7 g	-	Ration (9)
-	4,0 g	-	Ration (10)

Tabelle A 18

Mineralstoff-Vormischung enthält auf Maisstärke
in 58 g (= pro kg der fertigen Mischung):
Versuch V

Ca: a)	P: b)	Mg: c)	Na: d)	K: e)	
10,74 g	7,05 g	0,75 g	2,30 g	1,26 g	Ration (1)
11,05 g	5,04 g	0,64 g	2,95 g	-	Ration (2)
11,05 g	5,04 g	0,64 g	2,95 g	-	Ration (3)
11,39 g	5,33 g	0,72 g	2,95 g	1,31 g	Ration (4)
-	1,26 g	0,52 g	1,64 g	3,15 g	Ration (5)
10,40 g	6,17 g	0,63 g	1,94 g	-	Ration (6)
10,87 g	3,49 g	0,46 g	2,95 g	-	Ration (7)
10,87 g	3,49 g	0,46 g	2,95 g	-	Ration (8)
11,44 g	3,74 g	0,58 g	2,95 g	-	Ration (9)
-	1,91 g	0,29 g	1,18 g	2,73 g	Ration (10)

a) Calcium als CaCO_3 bzw. $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

b) Phosphor als $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, Na_2HPO_4 bzw. K_2HPO_4

c) Magnesium als MgO

d) Natrium als NaCl bzw. Na_2HPO_4

e) Kalium als K_2HPO_4 bzw. KJ

Tabelle A 19

Spurenelement-Vormischung enthält auf Maisstärke
in 2 g (= pro kg der fertigen Mischung):
Versuch V

Mn: a)	Fe: b)	Zn: c)	Cu: d)	J: e)	
75 mg	61 mg	43 mg	7 mg	0,8 mg	Ration (1)
74 mg	-	-	8 mg	0,8 mg	Ration (2)
74 mg	-	-	8 mg	0,8 mg	Ration (3)
22 mg	72 mg	-	8 mg	0,8 mg	Ration (4)
72 mg	33 mg	23 mg	9 mg	0,8 mg	Ration (5)
72 mg	42 mg	39 mg	5 mg	0,8 mg	Ration (6)
71 mg	-	-	7 mg	0,8 mg	Ration (7)
71 mg	-	-	7 mg	0,8 mg	Ration (8)
-	58 mg	-	7 mg	0,8 mg	Ration (9)
67 mg	-	10 mg	8 mg	0,8 mg	Ration (10)

a) Mangan als $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

b) Eisen als Fe-Citrat

c) Zink als ZnCO_3

d) Kupfer als $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

e) Jod als KJ

Tabelle A 20

Vitamin-Vormischung enthält auf Maisstärke
in 20 g (= pro kg der fertigen Mischung) :
Versuche V, VI, VII, VIII, IX, X und XI

Vitamin A	10 000 I.E.
Vitamin D ₃	1 000 I.E.
Vitamin E	100 mg
Vitamin K ₃	2 mg
Thiamin	25 mg
Riboflavin	15 mg
Pyridoxin	8 mg
Nicotinsäure	100 mg
Ca-Pantothenat	20 mg
Vitamin B ₁₂	30 mcg
Folsäure	4 mg
Biotin	300 mcg
Cholinchlorid	2 g
Ascorbinsäure	25 mg

Tabelle A 21

Rohnährstoffanalyse
Versuch V

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
% Rohprotein	13,1	12,4	12,2	12,9	13,0	18,5	17,8	19,0	18,9	19,0
% Rohfett	-	-	-	-	-	6,3	7,4	7,0	6,0	4,5
% Rohasche	5,1	5,4	5,4	5,8	5,0	5,3	5,9	5,9	5,7	5,7
% Rohwasser	8,8	8,3	8,3	8,6	9,3	7,7	7,8	7,8	7,8	8,4
% Calcium	1,27	1,30	1,27	1,40	1,01	1,08	1,17	1,26	1,29	1,35
% Phosphor	0,83	0,84	0,82	0,94	0,75	0,82	0,82	0,82	0,86	0,97

Tabelle A 22

Aminosäuren-Vormischung enthält auf Maisstärke
in 20 g (= pro kg der fertigen Mischung) :
Versuch VI

DL-Methionin: L-Arginin-HCl: Glyzin:

2,3 g	-	2,5 g	Ration (1)
2,3 g	6,7 g	-	Ration (2)
-	4,2 g	-	Ration (3)
4,6 g	-	5,0 g	Ration (4)
4,6 g	6,7 g	2,5 g	Ration (5)
4,6 g	13,4 g	-	Ration (6)
2,3 g	10,9 g	-	Ration (7)
-	8,4 g	-	Ration (8)

Tabelle A 23

Mineralstoff-Vormischung enthält auf Maisstärke
in 58 g (= pro kg der fertigen Mischung) :
Versuch VI

Ca: a)	P: b)	Mg: c)	Na: d)	K: e)	
10,36 g	6,09 g	0,62 g	1,88 g	-	Ration (1)
11,07 g	3,30 g	0,65 g	2,84 g	-	Ration (2)
-	1,67 g	0,25 g	0,90 g	2,65 g	Ration (3)
9,32 g	4,07 g	0,24 g	0,80 g	-	Ration (4)
10,02 g	0,61 g	0,11 g	1,72 g	-	Ration (5)
13,80 g	0,70 g	-	2,63 g	-	Ration (6)
3,60 g	-	-	0,72 g	-	Ration (7)
-	0,52 g	-	-	1,30 g	Ration (8)

a) Calcium als CaCO_3 bzw. $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

b) Phosphor als $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, Na_2HPO_4 bzw. K_2HPO_4

c) Magnesium als MgO

d) Natrium als NaCl bzw. Na_2HPO_4

e) Kalium als K_2HPO_4 bzw. KJ

Tabelle A 24

Spurenelement-Vormischung enthält auf Maisstärke
auf 2 g (= pro kg der fertigen Mischung):

Versuch VI

Mn: a)	Fe: b)	Zn: c)	Cu: d)	J: e)	
71,0 mg	39,0 mg	38,0 mg	4,6 mg	0,4 mg	Ration (1)
31,0 mg	-	-	7,0 mg	0,4 mg	Ration (2)
65,0 mg	-	8,0 mg	-	-	Ration (3)
61,0 mg	-	27,0 mg	-	0,4 mg	Ration (4)
21,0 mg	-	-	1,6 mg	0,4 mg	Ration (5)
-	-	-	4,0 mg	0,4 mg	Ration (6)
16,3 mg	-	-	-	-	Ration (7)
51,0 mg	-	-	-	-	Ration (8)

a) Mangan als $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

b) Eisen als Fe-Citrat

c) Zink als ZnCO_3

d) Kupfer als $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

e) Jod als KJ

Tabelle A 25

Rohnährstoffanalyse

Versuch VI

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
% Rohprotein	10,8	18,9	20,0	40,1	39,1	38,6	38,0	59,5
% Rohfett	1,1	1,5	1,4	5,2	5,7	7,4	7,1	7,0
% Rohasche	5,2	5,7	8,8	5,2	6,6	7,7	7,9	9,9
% Rohwasser	7,7	6,7	7,6	6,7	6,5	5,4	5,4	6,4
% Calcium	0,98	1,20	1,57	1,19	1,18	1,47	1,8	2,75
% Phosphor	0,84	0,85	0,93	0,84	0,81	1,05	1,51	1,65

Tabelle A 26

Mineralstoff-Vormischung enthält auf Maisstärke
in 33 g (= pro kg der fertigen Mischung):

Versuch VII

Ca: a) 9,50 g; P: b) 2,68 g; Mg: c) 0,60 g; Na: d) 2,84 g.

- a) Calcium als CaCO_3 bzw. $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- b) Phosphor als $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, Na_2HPO_4 bzw. K_2HPO_4
- c) Magnesium als MgO
- d) Natrium als NaCl bzw. Na_2HPO_4

Tabelle A 27

Spurenelement-Vormischung enthält auf Maisstärke
in 2 g (= pro kg der fertigen Mischung):

Versuch VII

in: a) 33 mg; Cu: b) 8 mg; J: c) 0,4 mg.

- a) Mangan als $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- b) Kupfer als $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
- c) Jod als KJ

Tabelle A 28

Mineralstoff-Vormischung enthält auf Maisstärke
in 40 g (= pro kg der fertigen Mischung):

Versuch VIII

Ca: a) 9,50 g; P: b) 2,68 g; Mg: c) 0,60 g; Na: d) 2,84 g.

- a) Calcium als CaCO_3 bzw. $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- b) Phosphor als $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, Na_2HPO_4 bzw. K_2HPO_4
- c) Magnesium als MgO
- d) Natrium als NaCl bzw. Na_2HPO_4

Spurenelement-Vormischung enthält auf Maisstärke
in 2 g (= pro kg der fertigen Mischung):

in: a) 33 mg; Cu: b) 8 mg; J: c) 0,4 mg.

Tabelle A 29

Rohnährstoffanalyse

Versuch VIII

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
% Rohprotein	20,3	22,6	23,6	22,9	23,8
% Rohfett	3,0	2,9	4,1	2,8	2,9
% Rohasche	5,0	4,8	6,3	4,8	4,9
% Rohwasser	7,9	7,0	7,7	8,1	7,6
% Calcium	0,99	0,94	1,02	0,99	0,98
% Phosphor	0,64	0,62	0,60	0,64	0,66

Tabelle A 30

Aminosäuren-Vormischung enthält auf Maisstärke

in 90 g (= pro kg der fertigen Mischung):

Versuch IX

DL-Methionin: L-Arginin-HCl: Glyzin: Na-L-Glutamat:

2,3 g	8,3 g	-	-	Ration (1)
3,5 g	8,3 g	-	64,2 g	Ration (2)
2,7 g	8,3 g	-	-	Ration (3)
3,5 g	8,3 g	-	-	Ration (4)
2,7 g	-	2,2 g	-	Ration (5)

Tabelle A 31

Mineralstoff-Vormischung enthält auf Maisstärke
in 45 g (= pro kg der fertigen Mischung):

Versuch IX

Ca:a)	P:b)	Mg:c)	Na:d)	
10,67 g	3,20 g	0,50 g	2,82 g	Ration (1)
10,67 g	3,20 g	0,50 g	2,82 g	Ration (2)
10,62 g	2,50 g	0,42 g	2,79 g	Ration (3)
10,67 g	3,20 g	0,50 g	2,82 g	Ration (4)
9,84 g	5,75 g	0,58 g	1,77 g	Ration (5)

a) Calcium als CaCO_3 bzw. $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

b) Phosphor als $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, Na_2HPO_4 bzw. K_2HPO_4

c) Magnesium als MgO

d) Natrium als NaCl bzw. Na_2HPO_4

Tabelle A 32

Spurenelement-Vormischung enthält auf Maisstärke
in 15 g (= pro kg der fertigen Mischung):

Versuch IX

Mn:a)	Fe:b)	Zn:c)	Cu:d)	J:e)	
31 mg	-	-	7 mg	0,4 mg	Ration (1)
31 mg	-	-	7 mg	0,4 mg	Ration (2)
24 mg	-	-	7 mg	0,4 mg	Ration (3)
31 mg	-	-	7 mg	0,4 mg	Ration (4)
70 mg	32 mg	50 mg	4 mg	0,4 mg	Ration (5)

a) Mangan als $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

b) Eisen als Fe-Citrat

c) Zink als ZnCO_3

d) Kupfer als $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

e) Jod als KJ

Tabelle A 33

Rohnährstoffanalyse

Versuch IX

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
% Rohprotein	19,1	22,2	22,2	19,5	22,9
% Rohfett	3,4	5,0	4,2	3,1	2,5
% Rohasche	5,4	6,9	5,6	5,4	4,9
% Rohwasser	8,0	7,2	7,7	8,0	8,1
% Calcium	1,12	1,13	1,12	1,15	1,12
% Phosphor	0,78	0,78	0,77	0,77	0,77

Tabelle A 34

Aminosäuren-Vormischung enthält auf Maisstärke
in 20 g (= pro kg der fertigen Mischung):

Versuch X

DL-Methionin:	L-Arginin-HCl:	Glyzin:	
1,5 g	5,3 g	-	Ration (1)
2,2 g	5,3 g	-	Ration (2)
2,9 g	5,3 g	-	Ration (3)
1,5 g	-	1,2 g	Ration (4)
2,5 g	-	1,9 g	Ration (5)
2,5 g	0,3 g	-	Ration (6)
3,5 g	0,8 g	-	Ration (7)
4,6 g	0,3 g	-	Ration (8)
5,8 g	0,3 g	-	Ration (9)

Tabelle A 35

Mineralstoff-Vormischung enthält auf Maisstärke
in 50 g (= pro kg der fertigen Mischung):

Versuch X

Ca: a)	P: b)	Mg: c)	Na: d)	K: e)	
10,73 g	4,80 g	0,66 g	2,88 g	-	Ration (1) - (3)
10,37 g	6,77 g	0,77 g	2,92 g	1,07 g	Ration (4)
10,00 g	6,05 g	0,64 g	2,90 g	-	Ration (5)
10,67 g	3,20 g	0,49 g	2,62 g	-	Ration (6) - (9)

a) Calcium als CaCO_3 bzw. $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

b) Phosphor als $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, Na_2HPO_4 bzw. K_2HPO_4

c) Magnesium als MgO

d) Natrium als NaCl bzw. Na_2HPO_4

e) Kalium als K_2HPO_4 bzw. KJ

Tabelle A 36

Spurenelement-Vormischung enthält auf Maisstärke
in 10 g (= pro kg der fertigen Mischung):

Versuch X

Mn: a)	Fe: b)	Zn: c)	Cu: d)	J: e)	
50 mg	17 mg	-	8 mg	0,4 mg	Ration (1) - (3)
74 mg	63 mg	43 mg	7 mg	0,4 mg	Ration (4)
71 mg	41 mg	39 mg	7 mg	0,4 mg	Ration (5)
31 mg	-	-	7 mg	0,4 mg	Ration (6) - (9)

a) Mangan als $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

b) Eisen als Fe-Citrat

c) Zink als ZnCO_3

d) Kupfer als $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

e) Jod als KJ

Tabelle A 37

Rohnährstoffanalyse

Versuch X

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
% Rohprotein	13,9	14,6	14,3	13,0	17,9	20,5	20,1	20,2	20,6
% Rohfett	10,9	11,1	11,1	9,9	10,4	11,9	12,0	12,3	12,4
% Rohasche	5,4	5,1	5,2	5,0	4,8	5,6	5,4	5,4	5,4
% Rohwasser	6,8	6,8	6,7	7,0	6,7	6,2	5,8	6,2	6,0
% Calcium	1,26	1,17	1,23	1,18	1,01	1,25	1,20	1,16	1,14
% Phosphor	0,74	0,70	0,72	0,70	0,59	0,68	0,79	0,82	0,81

Tabelle A 38

Aminosäuren-Vormischung enthält auf Maisstärke
in 20 g (= pro kg der fertigen Mischung):

Versuch XI

DL-Methionin:	L-Arginin-HCl:	Glycin:	
2,3 g	8,40 g	-	Ration (1)
3,5 g	8,40 g	-	Ration (2)
4,6 g	8,40 g	-	Ration (3)
2,3 g	-	1,9 g	Ration (4)
3,1 g	-	2,6 g	Ration (5)
5,1 g	1,12 g	-	Ration (6)
4,6 g	1,12 g	-	Ration (7)
6,1 g	1,12 g	-	Ration (8)

Tabelle A 39

Mineralstoff-Vormischung enthält auf Maisstärke
in 50 g (= pro kg der fertigen Mischung):

Versuch XI

Ca:a)	P:b)	Mg:c)	Na:d)	
10,67 g	3,20 g	0,49 g	2,62 g	Ration (1) - (3)
10,00 g	6,05 g	0,64 g	2,90 g	Ration (4)
9,63 g	5,40 g	0,51 g	2,32 g	Ration (5)
10,61 g	1,60 g	0,32 g	2,76 g	Ration (6) - (8)

a) Calcium als CaCO_3 bzw. $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

b) Phosphor als $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, Na_2HPO_4 bzw. K_2HPO_4

c) Magnesium als MgO

d) Natrium als NaCl bzw. Na_2HPO_4

Tabelle A 40

Spurenelement-Vormischung enthält auf Maisstärke
in 10 g (= pro kg der fertigen Mischung):

Versuch XI

Mn:a)	Fe:b)	Zn:c)	Cu:d)	J:e)	
50 mg	17 mg	-	8 mg	0,4 mg	Ration (1) - (3)
71 mg	41 mg	39 mg	7 mg	0,4 mg	Ration (4)
68 mg	22 mg	35 mg	3 mg	0,4 mg	Ration (5)
15 mg	-	-	6 mg	0,4 mg	Ration (6) - (8)

a) Mangan als $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

b) Eisen als Fe-Citrat

c) Zink als ZnCO_3

d) Kupfer als $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

e) Jod als KJ

Tabelle A 41

Rohnährstoffanalyse

Versuch XI

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
% Rohprotein	19,5	20,5	20,5	20,2	26,7	26,6	26,0	26,9
% Rohfett	7,7	7,9	8,1	4,6	5,9	7,3	8,4	6,1
% Rohasche	5,6	5,5	5,7	5,2	5,4	6,0	6,2	6,4
% Rohwasser	8,3	8,3	8,2	8,7	8,1	7,8	8,0	8,1
% Calcium	1,16	1,14	1,18	1,20	1,16	1,14	1,16	1,18
% Phosphor	0,80	0,75	0,81	0,81	0,79	0,78	0,79	0,80

LEBENS LAUF

Am 18.11.1943 wurde ich, Herbert Beck, als ältester Sohn des kaufmännischen Angestellten Rudolf Beck und seiner Ehefrau Helene, geb. Hofmann, in Arnstein (Krs. Karlstadt, Unterfranken) geboren.

Nach dem Besuch der Volksschule in Arnstein und Kürnach von 1950 - 1954 trat ich 1954 in das Alte Gymnasium in Würzburg ein. Von 1957 - 1960 besuchte ich das Gymnasium des Claretinerkollegs in Weißenhorn (Krs. Neu - Ulm) und seit 1960 das humanistische Wirsberg - Gymnasium in Würzburg. Dort legte ich 1964 die Reifeprüfung ab.

In den folgenden zwei Jahren leistete ich Wehrdienst bei der Sanitätstruppe in Hamm und Bad Mergentheim.

Mit Beginn des Wintersemesters 1966/67 bis zum Sommersemester 1971 studierte ich an der tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität in München und schloß im November 1971 mit dem Staatsexamen ab. Am 24. November 1971 erhielt ich meine Bestallung als Tierarzt.

Seit 14. August 1970 bin ich mit der Studienreferendarin Brigitte Beck, geb. Hoffmann, verheiratet.

Vom 1. Januar bis 31. März 1972 war ich am Institut für Ernährungsphysiologie der Tierärztlichen Fakultät der Universität München als wissenschaftliche Hilfskraft tätig.

Seit 1. April 1972 bin ich am oben genannten Institut Verwalter einer wissenschaftlichen Assistentenstelle.

Am Schluß dieser Arbeit ist es mir ein dringendes Anliegen, Herrn Prof. Dr.Dr.Dr.h.c.Dr.h.c.Dr.h.c. Johannes Brüggemann sowie Herrn Prof. Dr.Dr. Jürgen Tiews † für die Überlassung des Themas und die Arbeitsmöglichkeiten in ihren Instituten herzlich zu danken.

Ebenso bin ich Herrn Priv.-Doz. Dr. Jürgen Gropp für seine stets gern gewährte Hilfe bei Planung und Durchführung der Experimente sowie bei der Fertigstellung der vorliegenden Arbeit zu besonderem Dank verpflichtet.

Ferner darf ich Frau Gerda von Rohr für technische Assistenz bei Herstellung der Futtermischungen und der Kontrolle des Tierexperimentes aufrichtig danken.

